

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física**

**BERGSON ALVES DO NASCIMENTO**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DO**  
**CONCEITO DE FORÇA NUMA ABORDAGEM HISTÓRICA**

**São Cristóvão/SE**

**2016**

**BERGSON ALVES DO NASCIMENTO**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DO  
CONCEITO DE FORÇA NUMA ABORDAGEM HISTÓRICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, sob a orientação da Profa. Dra. Divanília do Nascimento Souza.

**São Cristóvão, SE**

**2016**

**BERGSON ALVES DO NASCIMENTO**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DO  
CONCEITO DE FORÇA NUMA ABORDAGEM HISTÓRICA**

Essa dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do título de Mestre em Física, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Sergipe.

São Cristóvão \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Prof. Dr.

Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

---

---

---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço de forma especial à minha esposa Cristiane pelo apoio incondicional e a constante presença em minha vida.

Aos meus amados filhos Davi e Alana que são os meus maiores incentivadores para continuar nessa árdua luta de formação acadêmica.

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Divanízia do Nascimento Souza, pela ajuda, orientações e contribuições e por sempre me receber de forma respeitosa e atenciosa.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## **RESUMO**

O presente trabalho teve por objetivo geral analisar as ferramentas que auxiliam no processo de ensino e aprendizagem do conceito de força na física do ensino médio, e como objetivos específicos, a partir de relatos históricos do desenvolvimento da ciência em Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton: discutir as suas ligações com o estudo da física; e propor uma sequência didática definida a partir de uma interação social; e salientar os diferentes entendimentos acerca do conceito de força. Com a intenção de alcançar os objetivos propostos, este trabalho teve como procedimentos metodológicos a utilização da pesquisa descritiva, realizando um levantamento com abordagem qualitativa, tendo como participantes da pesquisa dezesseis alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola particular de Aracaju, distribuídos em quatro grupos. A pesquisa consistiu em, inicialmente, aplicar um questionário para fazer uma avaliação sobre o conhecimento dos alunos acerca do tema e apresentar os diferentes conceitos de força na visão de Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton. Posterior a essa ação, reuniu-se os quatro grupos e cada um abordou e apresentou um conceito diferente sobre força, sendo novamente aplicado o questionário para identificar o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos após a realização dessa interação. Os resultados obtidos com a realização desse trabalho mostram que, ao se utilizar a sequência didática com interação social para explicar conceitos de física aos alunos do ensino médio, observou-se uma acentuada melhoria de compreensão sobre o conceito de força, que, muitas vezes, se apresenta como de difícil entendimento à primeira vista. Assim, percebeu-se com a realização deste trabalho que promover a sequência com interação social promove a participação dos alunos de maneira intensa e sistemática na apresentação dos conteúdos da física envolvendo relatos históricos, promovendo também um aprendizado mais eficiente.

Palavras-chave: Conceito de Força, Ensino de Física, História da Física.

## **ABSTRACT**

This study had the main objective to analyze the tools that assist in the teaching and learning strength on the concept of force in physics high school. The specific objectives were: from historical accounts of the development of science in Aristotle, Descartes, Leibniz and Newton, discussing its links with the study of physics; and propose a set didactic sequence from a social interaction; and point out the different understandings of the concept of force. In order to achieve the proposed objectives, this work had as methodological procedures using the descriptive research, conducting a survey with qualitative approach. This study participated sixteen students of a 1st High School series of a private school in Aracaju, divided into four groups. The research consisted of initially applying a questionnaire to make an assessment of the students' knowledge on the subject and present the different concepts of force in view of Aristotle, Descartes, Leibniz and Newton. Subsequent to this action, met the four groups and each addressed and presented a different concept of force being applied again the questionnaire to identify the development of student learning after the completion of this interaction. The results obtained in carrying out this work show that, when using the teaching sequence with social interaction to explain physics concepts to high school students, it is observed a marked improvement in understanding of the concept of force, which often It appears as difficult to understand at first. Thus, the realization of sequence with social interaction promotes the participation of students of intensive and systematic way in the presentation of the physics content involving historical accounts also promoting a more efficient learning.

Keywords: Force concept, Physical Education, History of Physics

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 -</b>	Resultados prévios sobre o conceito de força.....	<b>56</b>
<b>FIGURA 2 -</b>	Quantidades de questões acertadas por grupo no teste inicial.	<b>56</b>
<b>FIGURA 3 -</b>	Resultados percentuais de cada questão.....	<b>57</b>
<b>FIGURA 4 -</b>	Resultados percentuais de acerto por grupo no teste inicial	<b>57</b>
<b>FIGURA 5 -</b>	Resultados posteriores sobre o conceito de força.....	<b>65</b>
<b>FIGURA 6 -</b>	Resultados percentuais de acerto por Grupo no teste final.	<b>65</b>
<b>FIGURA 7 -</b>	Resultados percentuais de cada questão.....	<b>66</b>
<b>FIGURA 8 -</b>	Resultados percentuais de acerto por Grupo no teste final.....	<b>67</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2 BREVE RELATO HISTÓRICO.....</b>	<b>12</b>
2.1 Aristóteles.....	12
2.1.1 Aristóteles e a física.....	13
2.2 Descartes.....	17
2.2.1 Descartes e a física.....	21
2.3 Leibniz.....	25
2.3.1 Leibniz e a física.....	26
2.4 Newton.....	29
2.4.1 Newton e a física.....	33
<b>3 CONCEPÇÕES DE APRENDIZAGEM.....</b>	<b>37</b>
3.1 Dificuldades de aprendizagem.....	41
3.2 A contextualização do ensino da física no ensino médio.....	44
3.3 Aprendizagem do conceito de força.....	46
3.4 A interação social como ferramenta de aprendizagem no ensino da física.....	48
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>51</b>
4.1 Tipo de pesquisa.....	51
4.2 População e amostra.....	52
4.3 Instrumento e método de coleta de dados.....	52
4.4 Análise dos dados.....	53
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>69</b>



<b>ANEXO A – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO B – QUESTIONÁRIO DO TESTE.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO C – TABELA DE RESULTADOS – RESPOSTAS OBTIDAS NOS TESTES.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO D – FOTOS DA APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS.....</b>	<b>89</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os debates que permeiam ideias sobre o ensino/aprendizagem da disciplina Física têm sido encampados em estudos de vários pesquisadores (MOREIRA e OSTERMANN, 1999), justamente porque, na maioria das vezes, os alunos quando se defrontam com essa disciplina têm em mente que irão lidar com algo impossível de se aprender, não tendo a noção de que a física é uma ciência de grande aplicação no cotidiano.

Por outro lado, nesta disciplina ainda há uma massificação de conteúdos estanques, que para serem ensinados os professores têm que seguir padrões estigmatizados de uma grade curricular imposta pela própria escola ou pelos governos. Desse modo, ficando os professores restritos para inovar o ensino da Física e, sobretudo, não podendo propiciar ao aluno uma realidade mais condizente, o que poderia contribuir para uma articulação do estudante através da integração com os demais conhecimentos.

O estudo da disciplina Física é realizado através de um encadeamento, em que se misturam fatos novos com os já conhecidos e leis novas com as já estabelecidas. Uma área concernente à física é sobre o conceito de força, o qual, assim como outros tantos assuntos, apresenta grandes desafios nas relações de ensino-aprendizagem.

Diante de tal observação, elaborou-se este trabalho, tendo por objetivo geral desenvolver uma sequência didática para a abordagem histórica sobre o tema força, do ponto de vista da física, no ensino médio. Como objetivos específicos, abordar relatos históricos sobre Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton e as relações desses com o estudo da física e o desenvolvimento dos conceitos de força, presentes nos seus respectivos trabalhos. Com o desenvolvimento da sequência, a partir da apresentação e discussão dos diferentes pontos de vista adquiridos pelos alunos a partir de leituras sobre o tema força, espera-se chegar a uma compreensão mais ampla e correta sobre o tema.

A escolha pelo assunto delimitado neste trabalho se justifica, a princípio, pelo fato de ser matéria recorrente do dia-a-dia do professor; ou seja, lida-se com o ensino da física e, especialmente com o conceito de força nas aulas de física no ensino médio rotineiramente. É possível, nessa lida, observar uma deficiência

significativa no aprendizado dos alunos quanto a esse conceito, já que o conteúdo dessa disciplina em particular configura-se quase sempre como algo inalcançável, isto é, de difícil entendimento, levando muitos alunos a reprovarem na disciplina.

Considera-se o objeto discutido nesse trabalho de grande relevância em diversos âmbitos, por buscar o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem aos educadores, sobretudo da disciplina de física, a ensinarem seus conteúdos de forma a facilitar a assimilação deles. Da mesma forma, tem um caráter social, tendo em vista a possibilidade de se abordar perspectivas não apenas do ensino da física, mas, principalmente, discutir instrumentos de interação social, cuja base é a modificação do comportamento dos indivíduos a partir de práticas em grupos sociais. Como consequência dessa interação, espera-se que os indivíduos estabeleçam processos de aprendizagem, aprimorando assim as suas estruturas mentais.

De acordo com Vygotsky (2004, p. 63), o papel da interação social no desenvolvimento dos seres humanos é de grande importância, pois “*o comportamento do homem é formado por peculiaridades e condições biológicas e sociais do seu crescimento*”.

Este trabalho foi respaldado em uma pesquisa descritiva, com abordagem qualitativa e quantitativa, tendo como participantes 16 alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola particular de Aracaju, em Sergipe. Na abordagem se discutiu sobre o conceito de força, a partir das ideias de Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton. Foi aplicado também um questionário antes e depois da interação social dos alunos na exposição dos conceitos.

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma:

Logo após a Introdução, está apresentado o capítulo “Breve Relato Histórico”, apresentando o suporte bibliográfico e abordando aspectos históricos sobre Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton e seus respectivos entendimentos acerca da física. Ainda nesse arcabouço teórico, apresentam-se questões relevantes sobre as concepções e dificuldades de aprendizagem no capítulo “Concepções de Aprendizagem”, bem como quanto à contextualização do ensino da física no ensino médio. Dando um fechamento nesse eixo bibliográfico, abordou-se sobre a aprendizagem do conceito da força e a interação social como ferramenta de aprendizagem de conteúdos de física. Em seguida, os procedimentos metodológicos

são apresentados, incluindo a definição do tipo da pesquisa realizada, o instrumento e procedimento de coleta dos dados e sua análise. Em sequência, são descritos os resultados obtidos, através de informações qualitativas, por meio de observações, assim como dados estatísticos obtidos da aplicação do questionário. Finalizando toda essa estrutura, elaborou-se as considerações finais, onde se buscou apresentar uma conclusão a respeito do que foi abordado no conteúdo deste trabalho.

## 2 BREVE RELATO HISTÓRICO

### 2.1 Aristóteles

Há que se entender, antes de tudo, que para compreender o pensamento de Aristóteles, bem como suas notáveis contribuições filosóficas para o mundo, é importante expor e tecer comentários sobre a vida e o destaque científico desse proeminente filósofo grego, em meio a tantos outros pensadores que contribuíram para evolução das ideias da física.

Em relação ao aspecto da escolha de Aristóteles pela investigação, Morrall (1985 *apud* SILVA, 2008) afirma que Aristóteles cresceu sobre a influência da medicina que seu pai praticava, e por essa razão a sua ênfase na investigação empírica e no respeito à prova das particularidades concretas. De acordo com Silva (2008), essa também era a razão da sua preocupação em estudar as várias constituições políticas existentes em sua época e em levar em conta os fatores geográficos, climáticos, topográficos que poderiam influenciar a organização de uma *polis* ideal, ou seja, a melhor forma de governo. Mais do que isto, o interesse de Aristóteles pelos estudos políticos, possivelmente, sofreu forte influência da amizade de sua família com as autoridades políticas da época. Em virtude dessa amizade o jovem Aristóteles pôde, por exemplo, viver na corte macedônica com a incumbência de dar aulas a Alexandre Magno, que viria a ser um rei.

Assim, como cita Silva (2008), os estudos de Aristóteles se destacam pela variedade de temas por ele abordados e, também, por suas inovações metodológicas. Ao longo de sua vida, Aristóteles não se ocupou somente com filosofia e política. As circunstâncias de sua vida e sua curiosidade o levaram a se ocupar, em um primeiro momento, com estudos sobre os fenômenos físicos e biológicos e sobre as próprias abordagens teórico-metodológicas utilizadas pelos diversos estudiosos da época e por ele próprio. Há que se considerar que uma grande virtude de Aristóteles foi ter retomado os estudos pré-socráticos, que buscavam analisar fenômenos a partir de fatos objetivos, materiais, e não a partir de mitos ou do sobrenatural, e ter combinado esta maneira de ver o universo físico com as maneiras de ver o universo moral.

No entendimento de Durant (2000, *apud* SILVA, 2008), uma das maiores glórias de Aristóteles foi ter sido suficientemente liberal e corajoso para compreender e combinar as duas linhas do pensamento grego: a física e a moral. Através dessa combinação, Aristóteles encontrou um caminho próprio para a realização de seus estudos políticos. Com os ensinamentos da biologia e da física – de acordo com Silva (2008), ele buscou estabelecer a ocorrência dos fenômenos particulares para que então se pudesse estabelecer as generalizações. Aristóteles, de certa maneira, evitou adotar o sobrenatural como explicação da ocorrência dos fenômenos como o fazia seus antecessores, entre eles Platão. Ao invés disso, para compreender os fenômenos políticos e sociais, Aristóteles preferiu partir do princípio de que a causa dos acontecimentos políticos – por exemplo, do nascimento e evolução das constituições políticas ou dos Estados – se encontram na própria natureza das coisas. Foi essa compreensão que levou Aristóteles a analisar 158 constituições de sua época com o escopo de classificá-las e de averiguar qual é a melhor forma de constituição política, ou seja, de organização de uma sociedade.

A obra de Aristóteles é bem vasta; uma delas, denominada Política discute temas como sociedade, o homem e os seus bens, os governos e seus tipos, e está dividida em uma coletânea de oito livros. Outra obra, chamada Retórica, faz um estudo sobre a arte da argumentação ou dialética. Nessa obra, dividida em três livros, Aristóteles analisa e argumenta os três gêneros retóricos: o deliberativo, o judiciário e o epidítico (que pode significar discurso ostentoso). E por fim, a Poética, que corresponde a uma coletânea de anotações de aulas.

### **2.1.1 Aristóteles e a física**

Suponha que duas pedras, sendo uma mais pesada do que a outra, fossem abandonadas, ao mesmo tempo, de uma mesma altura. Você acha que os tempos que elas gastariam para chegar ao solo seriam iguais ou diferentes? O grande filósofo grego Aristóteles afirmava que a pedra mais pesada cairia mais rapidamente, atingindo o solo antes da mais leve. Esta afirmação foi aceita como verdadeira durante vários séculos e, ao que tudo indica, Aristóteles e seus seguidores nunca se preocuparam em verificar, por meio de experiências, se isto realmente acontecia. No entanto, conforme pode ser encontrado em Porto (2009):

“a física Aristotélica foi uma construção teórica complexa, inteiramente integrada a um pensamento filosófico extremamente abrangente e elaborada a partir dos elementos empíricos fornecidos pela vivência humana mais imediata. A força intelectual desse pensamento, assentada, principalmente nessa abrangência e em um caráter intensamente orgânico, garantiu-lhe a primazia como forma sistemática de conhecimento científico por cerca de dezoito séculos.”(Porto, 2008,V. 31, n. 4)

O historiador da ciência Alexandre Koyr (1982 *apud* PEDUZZI, 2008) sustenta que:

A física de Aristóteles não é um amontoado de incoerências, mas, pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui uma base filosófica muito profunda como está de acordo muito mais do que a de Galileu com o senso comum e a experiência quotidiana (KOYR, 1982 *apud* PEDUZZI, 2008, p. 34).

Peduzzi (1996) garante que Aristóteles observava a natureza com afinco. As suas constatações sobre o que via ocorrer na Terra e no firmamento levaram-no a fazer afirmações sobre a natureza das coisas e a formular um modelo do universo. As observações e reflexões fizeram com que Aristóteles associasse a Terra a um mundo imperfeito, corruptível, sujeito a contínuas e profundas modificações.

Toda e qualquer mudança, para Aristóteles, resultava de um propósito intrínseco ou pré-determinado que as coisas têm para se comportar da maneira como se comportam (PEDUZZI, 1996).

Segundo Porto (2009), na concepção de Aristóteles, todo ser perceptível através dos sentidos é constituído de alguma matéria. Entretanto, somente a noção de que é constituído por algo não define este ser. Cada ser possui determinadas características, e, desta ou daquela maneira, possui uma forma, que é também um princípio determinante deste ser. Logo, para Aristóteles, todos os seres sensíveis são formados pela composição da matéria e forma. Por isso, vale saber que:

Para Aristóteles, a ciência propriamente dita é uma investigação das formas assumidas pela natureza. Os objetos naturais têm certas formas e as mudanças que podem sofrer são limitadas por elas: nada pode provir de nada. A palavra aqui traduzida como “forma” é a mesma que Platão usou para suas Formas e também a mesma que é amiúde traduzida no contexto aristotélico como “espécie”. Aristóteles nada queria com as Formas platônicas. Em vários trechos, argumenta contra elas

sobre o fundamento de falta de economia que pressupõem e também que não atingiam o que Platão pretendia. Na verdade, em certa altura, refere-se a elas como “meras tagarelices”. [...] (HAMLYN, 1990, p. 52).

Neste contexto, Porto (2009) assevera que para esse filósofo a matéria é, em princípio, indefinida, podendo assumir diversas formas. Em virtude desta completa disponibilidade a adquirir a forma que seja, o que é entendido por ele como corruptibilidade, a matéria é puro estado de potência e, estando presente, introduz um elemento de potência, ou seja, uma mutabilidade intrínseca ao ser de cuja composição participa.

A corruptibilidade dos seres é um elemento verificável em todas as coisas que pertencem ao mundo terrestre. Por outro lado, o pensamento aristotélico considerava os corpos celestes imutáveis em sua natureza (PORTO, 2009). Ou seja, Aristóteles entendia que a matéria era a fonte intrínseca da mutabilidade (potencialidade) presente na realidade sensível terrestre, por isso aquela de que seriam feitos os corpos celestes não poderia ser a mesma, dado que estes corpos, a pesar de perceptíveis pelos sentidos, não possuíam em sua natureza esse elemento de mutabilidade

Nesta linha de pensamento, Peduzzi (1996) explica que a concepção de Aristóteles de movimento, em particular a de movimento natural, é parte fundamental da sua cosmologia.

O lugar natural da terra e da água (por serem pesadas) é embaixo. Assim, esses materiais tendem a se mover para baixo. Por ser mais leve (menos densa) do que a terra, o lugar natural da água é sobre a terra. O lugar natural do fogo e do ar (por serem leves) é em cima. Por isso eles tendem a se mover para cima. Por ser mais leve do que o ar, o fogo procura o seu lugar natural que é acima do ar (PEDUZZI, 1996).

Objetivamente, ou seja, livre de perturbações, estes quatro elementos seriam encontrados em sua forma pura dispostos em camadas concêntricas tendo como o centro da Terra. Entretanto, isso não ocorre, já que a região terrestre é perturbada pelo movimento da esfera da Lua, que empurra constantemente camadas de fogo para baixo estabelecendo correntes que impelem e misturam os elementos em todo o mundo sublunar. Neste contexto, a água dos rios, por exemplo, é constituída, especialmente do elemento água, mas também apresenta pequenas



quantidades de terra, ar e fogo: a água contém terra porque aparecem resíduos da mesma no fundo de um recipiente com água; contém ar porque os seres vivos marinhos respiram; contém fogo porque quando aquecida ela tende a subir (dilata-se) (PEDUZZI, 1996).

No entendimento de Aristóteles, as diferentes substâncias e objetos do mundo terrestre originam-se de diferentes combinações dos elementos terra, água, ar e fogo. Um corpo será mais leve ou mais pesado de acordo com o percentual em que nele figuram cada um destes quatro elementos (PEDUZZI, 1996).

Dentro desta concepção de lugar natural e da constituição da matéria, é perfeitamente possível compreender porque uma pedra cai quando solta de uma certa altura. Por ser uma pedra constituída basicamente do elemento terra, ela cai porque deve retornar ao centro do universo, seu lugar natural. O movimento da pedra em direção ao solo é um movimento natural e por isso não precisa ser objeto de uma discussão mais aprofundada. Por essa razão é que, para Aristóteles, se duas pedras, uma pesada e outra leve, são soltas de uma mesma altura, a pedra mais pesada atinge o solo primeiro. Isto ocorre porque a pedra mais pesada possui mais terra do que a pedra mais leve. Com isso, a pedra mais pesada tem uma tendência maior para alcançar mais depressa a sua posição natural (PEDUZZI, 1996).

De maneira semelhante, a fumaça, por ser leve, no entendimento de Aristóteles, sobe para ocupar o seu lugar natural, que é em cima. O movimento de subida da fumaça é também um movimento natural. Movimentos naturais (como o da pedra e da fumaça), isto é, movimentos para baixo de corpos pesados ou movimentos para cima de substâncias leves, derivam de um propósito intrínseco que as coisas têm para buscar o seu lugar natural (PEDUZZI, 1996).

Por fim, é primordial considerar que, um aspecto decisivo para a compreensão da física aristotélica, conforme considera Porto (2009), é o de que ela constitui um elemento profundamente integrado a um sistema de pensamento assinalado por sua abrangência e organicidade. Não é possível compreendê-la de maneira isolada, dissociando-a de suas articulações metafísicas e cosmológicas. Da mesma forma, a estrutura do Cosmos aristotélico, sua finitude e seu geocentrismo, são resultados duplamente fundamentados em sínteses de percepções empíricas e elementos filosóficos apriorísticos.

## 2.2 Descartes

Segundo Vilela e Izidoro (2013), o início do século XVII configura-se como um período assinalado pela necessidade da formulação de um novo pensamento filosófico, capaz de responder às questões instauradas pelas transformações históricas e pelos fenômenos culturais que ressaltam a transição da chamada Idade Média para a época que, mais tarde, seria conhecida como Modernidade.

O Renascimento<sup>1</sup>, a Reforma Protestante<sup>2</sup> e a Revolução Científica<sup>3</sup> acabaram por trazer à tona, conforme esclarecem Vilela e Izidoro (2013), a possibilidade de se questionar as verdades até então estabelecidas pela tradição filosófica e, principalmente, de se estabelecer o imenso aporte teórico construído nos últimos séculos, que, em linhas gerais, pode ser denominado como pensamento escolástico, assinalado por forte tendência à tentativa de conciliação entre fé e razão.

René Descartes nasceu em 31 de março de 1596, em La Haye, França, filho de um rico comerciante que possuía o título nobiliárquico de Conselheiro do Reino de Bretanha (França) (GONÇALVES, 1992). De 1604 a 1614, Descartes estudou no colégio Jesuíta de La Fleche. Nesse período, desfrutou de um regime de privilégio, pois levantava-se quando queria, o que o levou a adquirir um hábito que o acompanhou por toda a sua vida: meditar no próprio leito (VERGEZ e HUISMAN, 1976). Embora fosse admirado pelos seus professores, ele se declarava decepcionado com o ensino que lhe foi ministrado por entender que a filosofia escolástica não conduzia a nenhuma verdade indiscutível. Em sua história de vida enquanto estudante, pode-se notar a influência da riqueza, da religiosidade e de suas tradições, como pode ser observado a seguir:

[...] o pai enviou-o, em 1606, ao já célebre colégio jesuíta de La Fleche. Era um estabelecimento de ensino fundado recentemente, mas logo transformado numa das mais renomadas escolas da Europa. Os jesuítas

---

<sup>1</sup> O Renascimento foi um movimento cultural que predominou no Ocidente entre os séculos XV e XVI, marcando a fase de transição dos valores e das tradições medievais para um mundo totalmente novo predominou no Ocidente entre os séculos XV e XVI.

<sup>2</sup> A reforma protestante foi um movimento de renovação da Igreja, iniciado na Europa Central no século XVI.

<sup>3</sup> A Revolução Científica representa o período entre o século XVI e o século XVIII, em que a Ciência passa a ser um conhecimento mais estruturado e prático, deixando de estar atrelada à Filosofia.

o haviam criado, em 1604, sob a proteção de Henrique IV, que, para essa finalidade, doou-lhes um palácio e amplos recursos. Conscientes do papel que lhes estava reservado numa França pacificada depois de tantos distúrbios políticos e de tantas lutas religiosas, os jesuítas esmeraram-se em sua tarefa de educadores. [...] Proveniente de um meio marcado por fortes tradições conservadoras, Descartes conviveu em La Fleche com uma mentalidade imbuída de religiosidade e de submissão às instituições políticas (PESSANHA, 1987, p. X *apud* CONEGLIAN; SANTOS; MELO, 2010, p. 3).

De acordo com Vergez e Huisman (1976), após alguns meses de elegante lazer com sua família em Rennes, onde se ocupou com equitação e esgrima, era possível encontrá-lo na Holanda engajado no exército do príncipe Mauricio de Nassau. Mas ele é um estranho oficial, que recusou qualquer soldo, que mantém seus equipamentos e suas despesas e que se declara menos um “ator” que um “espectador” antes ouvinte numa escola de guerra do que verdadeiro militar. Na Holanda, ocupa-se, especialmente com matemática. É dessa época (tinha cerca de 23 anos) que data sua misteriosa divisa *Larvatus prodeo* (“*Eu caminho mascarado*”). Na verdade, Descartes quer apenas significar que é um jovem sábio disfarçado de soldado.

[...] A influência mais importante desse período inicial foi a amizade de Descartes com o holandês Isaac Beeckman, que reacendeu seu perpétuo interesse pela matemática – uma ciência em que ele discernia a precisão e a certeza do tipo que verdadeiramente merecia o título de *scientia* (termo utilizado por Descartes para denominar o conhecimento sistemático genuíno baseado em princípios confiáveis). Uma boa parte das energias do jovem Descartes foi dedicada à matemática pura: seu ensaio sobre Geometria (publicado em 1637) incluía os resultados que obtivera na década anterior. Ele também enxergava na matemática, entretanto, a chave para o progresso nas ciências aplicadas; seu primeiro trabalho, o *Compendium musicae* (Compêndio de música), escrito em 1618 e dedicado a Beeckman, aplicava princípios quantitativos ao estudo da harmonia musical e da dissonância. Em termos mais gerais, a matemática era vista por Descartes como uma espécie de paradigma para todo o conhecimento humano [...] (COTTINGHAM, 1995, p. 12).

Cottingham (1995) esclarece que, no curso de suas viagens, em 10 de novembro de 1619, Descartes viu-se encerrado em um aposento aquecido de fogo de lenha, em uma cidade no sul da Alemanha, onde, depois de um dia de intensa

meditação, teve vários sonhos vívidos que o convenceram de sua missão de fundar um novo sistema filosófico e científico. As linhas gerais desse sistema estão expostas em uma obra inacabada, escrita no final da segunda década do século XVII, as *Regula ad directionem ingenii* (Regras para a direção da inteligência natural). Descartes define ali o conhecimento, respaldado na apreensão mental direta das verdades imediatamente evidentes, ou ainda no que pode ser deduzido de tais verdades em uma cadeia contínua de inferências. Esboça, ademais, o plano para uma ciência universal, que envolveria todos os ramos do conhecimento humano.

Segundo Coneglian *et al.* (2010), embora no início do século XVII a França, que era considerada o centro do pensamento e da cultura da época, estivesse vivendo um período de instabilidades, tanto políticas como sociais, reflexo da Reforma que provocou uma profunda divisão entre católicos e protestantes, e da religião estar perdendo seu poder de influenciar os cientistas e filósofos, René Descartes tenta mostrar que não há incompatibilidade entre as verdades da ciência, sobretudo, as matemáticas, e as verdades da fé cristã.

No início da década de 1630, ligou-se à sua criada Helene, de quem teve uma filha, Francine, nascida em 19 de julho de 1635; a menina morreu tragicamente de uma febre, cinco anos depois. De modo geral, Descartes parecia evitar companhia e escreveu a seu editor literário dizendo que a calma do norte da Holanda adequava-se muito mais à sua obra que o ar de Paris com suas diversas distrações.

Indispensável salientar que, dentre as suas obras, o Discurso do método, Meditações metafísicas e Princípios de filosofia são as que melhor expressam sua preocupação em resolver o problema do conhecimento, de como apreendê-lo sem cometer erros. Para Brito (2011), Descartes esmera-se em buscar a verdade, inspirado nos ideais de sua época, marcada pela ebulição da ciência e pelo descrédito das autoridades eclesiásticas, e na paixão pela matemática, a qual continha os elementos exatos (da álgebra à geometria), capazes de conduzir às certezas inabaláveis. Por outro lado, a busca pela verdade primeira, que não poderia ser posta em dúvida, o conduziu a fazer da própria dúvida um caminho para a verdade, ou seja, ele converte a dúvida em método:

Começa duvidando de tudo, das afirmações do senso comum, dos argumentos da autoridade, do testemunho dos sentidos, das informações da consciência, das verdades deduzidas pelo raciocínio, da realidade do mundo exterior e da realidade de seu próprio corpo (ARANHA; MARTINS, 2003 apud BRITO, 2011, p. 200).

Interessante ainda descrever que, em 1633, o físico italiano Galileu Galilei foi condenado pela Inquisição romana e, no ano seguinte, René Descartes renunciou à publicação do seu Tratado do Mundo. A época não era propícia para a discussão de teorias que colocassem em dúvida a estética cosmologia medieval, alicerçada na ideia grega de ordem harmônica do cosmo (RODRIGUEZ, 2010).

Em 1647, Descartes encontrou-se com Blaise Pascal, eminente engenheiro e pensador espiritualista francês, em quem teria encontrado motivo de aprofundamento na sua teoria de uma substância pensante (*res cogitans*), contraposta à materialidade do mundo (*res extensa*) (RODRIGUEZ, 2010).

De acordo com Brito (2011), ao enfatizar a relação do eu cartesiano, *res cogitans* (substância espiritual) ou sujeito pensante, com sua realidade corpórea enquanto *res extensa* (coisa extensa, material), Descartes põe em relevo o lugar do homem como ser autônomo e capaz de se explicar à luz da razão que o constitui, fundando o subjetivismo moderno.

Com Descartes, portanto, estabelece-se uma mudança radical de perspectiva. É o que poderíamos chamar de subjetivismo moderno, em confronto com o objetivismo grego e medieval. Esse subjetivismo vai marcar todo o pensamento moderno e vai abrir um espaço para o homem se manifestar a si mesmo, nem que seja para encontrar os limites da própria grandeza (LARA, 2001 apud BRITO, 2011, p. 201).

Ademais, Descartes apresenta o conhecimento como algo resultante do próprio ato de pensar, indicando, assim, sua concepção inatista. O inatismo aqui não significa que os homens já nascem com as ideias, mas sim que elas provêm do próprio ato de pensar (BRITO, 2011).

Segundo Gonçalves (1992), René Descartes morre de pneumonia em onze de fevereiro de 1650, na Suécia, para onde havia viajado a convite da rainha

Cristina. Talvez ele pensasse que neste país se resguardaria das controvérsias geradas por seus escritos (GONÇALVES, 1992).

### **2.2.1 Descartes e a física**

Segundo Cottingham (1995), René Descartes, em 1633, tinha pronto um tratado sobre cosmologia e física, *Le monde* (O mundo ou o universo), porém suspendeu prudentemente a publicação do livro quando soube da condenação de Galileu pela Inquisição, por ter rejeitado (como também Descartes rejeitara) a tradicional teoria geocêntrica do universo. *Le monde* continha também uma seção que procurava explicar o funcionamento do corpo humano em termos estritamente físicos e mecânicos, por referências às mesmas leis da matéria em movimento que, para Descartes, funcionavam em todo o universo. Parte desta seção aparece a seguir:

Em 1628, tendo fixado residência na Holanda, escreve Regras para a Direção do Espírito, mas a interrompe na Regra XXI, insatisfeito, talvez, com a sua restrita aplicação a questões fora do âmbito da matemática. Nos cinco anos seguintes, dedica-se à elaboração de um pequeno tratado de metafísica e toma fôlego para escrever uma obra contemplando a física como um todo: o Tratado do Mundo e da Luz. Lamentavelmente, a época de sua impressão coincide com a condenação de Galileu Galilei, que também defendia uma das teses esposadas por Descartes nessa obra - do movimento da Terra. Renuncia, então, imediatamente, a sua publicação, guardando os manuscritos para a crítica futura (GONÇALVES, 1992, p. 21).

De acordo com Cottingham (1995), a obra *Le monde* compreende quatro partes, cada uma dividida em uma série de pequenas seções ou artigos (504 no total). A Parte I apresenta as principais doutrinas metafísicas cartesianas, relativas ao conhecimento, a Deus, à mente e ao corpo; a Parte II expõe os princípios da física cartesiana; a Parte III fornece explicação detalhada, de acordo com aqueles princípios, da natureza do universo; a Parte IV lida, de forma semelhante, com as

origens da terra e com uma ampla gama de fenômenos terrestres, incluindo gravidade, as marés, o fogo, o fabrico do vidro e do aço, e o magnetismo.

Sob a ótica de Descartes, conforme explica Borges (2012), a realidade física é totalmente constituída de corpos, e a matéria, por ser a substância desta realidade, não está ausente em lugar algum, e não pode estar, justamente por ser a substância de tal realidade. Assim, lugar, espaço e extensão podem ser entendidos como sinônimos, pois não há lugar não preenchido por corpos, ainda que não perceptíveis.

A filosofia cartesiana não admite ausência de matéria na realidade física, sendo que esta é organizada a partir e através do movimento dos corpos que constituem tal realidade. É através do movimento que a realidade física é organizada, o que faz do movimento não apenas mais um dos modos da substância material, mas um modo determinante em tal substância, logo, para a física cartesiana. De acordo com Borges (2012), na busca por uma definição mais simples de movimento, Descartes se distancia dos escolásticos e propõe uma definição que, segundo ele, é mais compreensível. Na citação a seguir, “eles” representa os escolásticos.

Eles mesmos admitem que a natureza do [movimento] deles é muito pouco conhecida; e, a fim de torná-la de algum modo inteligível, não foram capazes ainda de explicá-la mais claramente que nestes termos: *Motus est actus entis in potentia, prout in potentia est*, os quais são para mim tão obscuros que sou obrigado a deixá-los aqui na sua língua, uma vez que não saberia interpretá-los. (E, com efeito, estas palavras: o movimento é o ato de um ser em potência, enquanto está em potência; não são mais claras por estarem em francês) (AT XI, p. 39; DESCARTES, 2000 *apud* BORGES, 2012, p. 127).

De fato, como assevera Cindra (1996), matéria e movimento eram as duas entidades do universo cartesiano. Descartes compreendia a física como uma ciência geral de todas as coisas materiais. Na carta ao tradutor dos Principia do latim para o francês, ele dizia que a primeira parte da filosofia é formada pela metafísica, que contém os princípios do conhecimento. A segunda parte é ocupada pela física.

Das quatro espécies de movimento que Aristóteles distinguia (movimento local, movimento quantitativo, movimento qualitativo e movimento substancial), ele só retém o movimento espacial ou movimento local, definido pela mudança de lugar. Este movimento, matematicamente exprimível, que se propaga na natureza inteira, segundo as leis do choque, que se podem encontrar formuladas nos Principia. O movimento-estado, o movimento da física clássica, já não tem nada de comum com o movimento-processo da física de Aristóteles. Este movimento é a coisa mais clara e mais fácil de conhecer, não é o movimento dos filósofos, como afirmou Descartes. Mas, também não é o movimento dos físicos, nem sequer o dos corpos físicos, somente o movimento dos geômetras (CINDRA, 1996).

Para à abordagem matemática de Descartes, considerando-se a aritmética, a álgebra e a geometria, tem-se:

[...] uma das características da abordagem matemática que mais nitidamente agradava a Descartes era a rejeição de noções qualitativas indeterminadas, em favor das de quantidade rigorosamente mensuráveis. Contudo, os leitores que abordam a obra científica de Descartes esperando encontrar dados detalhados relacionados com as medições geométricas, cálculos aritméticos ou fórmulas algébricas, ficaram em larga escala decepcionados. Com efeito, é precisamente a escassez de tais trabalhos matemáticos que constitui a característica surpreendente da física de Descartes, quando comparada com os trabalhos de Galileu, por exemplo (COTTINGHAM, 1995, p. 125).

Segundo Tonnelat (1971, *apud* CINDRA, 1996), Descartes concebeu o princípio da inércia, compreendido como movimento com velocidade constante em linha reta. Uma concepção *sui generis* de conservação da quantidade de movimento lhe serviu de embasamento ontológico para chegar a este princípio. Entretanto, ele nega a atomicidade, como também a existência do vácuo. Porém, é no vácuo que o movimento inercial, o movimento indelével em linha reta, teria lugar, conforme pode ser observado a seguir.

No Capítulo IV do O' Mundo Descartes aborda o problema do vazio e apresenta a sua tese sobre a inexistência do vácuo na realidade física. O filósofo justifica a possibilidade de se considerar a existência de espaços



vazios na natureza pelo fato de os sentidos, em alguns momentos, não perceberem coisa alguma. Com isso, Descartes se dá conta da necessidade de mostrar que nem todos os fenômenos físicos são percebidos pelos órgãos sensoriais, uma vez que a não percepção não ocorre por não haver algo para ser percebido, por não haver contato entre o corpo daquele que percebe e outro corpo qualquer. Além disso, espaço vazio, de acordo com a filosofia cartesiana, soa como uma contradição, pois, ao se referir a espaço, a matéria já está subentendida, ou seja, quando há espaço, necessariamente há matéria. Inclusive, em certa medida estes termos (espaço e matéria, juntamente com extensão, corpo e até mesmo lugar) podem ser tomados como sinônimos. Descartes nega a possibilidade do vazio em sua física e, segundo ele, a realidade física é toda preenchida por uma só coisa: a matéria (BORGES, 2012, p. 135).

Embora não tenha utilizado o conceito de massa, Descartes chegou a conceber a grandeza quantidade de movimento, entendida como produto do volume de matéria (extensão) pela sua velocidade, não levando em consideração seu aspecto vetorial. A quantidade de movimento do universo seria constante, já que o movimento, criado por Deus, perdura. Deste modo, cada porção de matéria do universo, uma vez posta em movimento, assim deveria continuar eternamente, exceto em virtude aos choques com outras porções de matéria, quando então deveria ocorrer troca de quantidade de movimento, permanecendo inalterada a soma total (CINDRA, 1996).

A simplicidade de uma explicação é também uma preocupação de Descartes. Assim,

[...] para Descartes a melhor explicação é sempre a mais simples, e o mais simples consiste no que é suficiente para que se explique algo. As qualidades que não estiverem necessariamente em um objeto não devem ser mencionadas em sua explicação. O filósofo prefere proceder desse modo em suas explicações, não levando em conta outras coisas senão as que são suficientes para explicar [...] O temor de Descartes paira sobre considerar em um fenômeno físico algo que não esteja necessariamente nele, por isso escolhe a explicação mais simples ao considerar aquilo que se percebe existir necessariamente não que é analisado. No caso, o movimento e a matéria. Outras qualidades que não são necessárias podem fazer com que haja engano, e se é possível

a explicação de algo a partir do percebido como mais simples e necessário a ele, é desse modo que se pode conhecer o objeto material. [...] (BORGES, 2012, p. 130-131).

De modo geral, como afirma Borges (2012), a filosofia da natureza de Descartes considera o mundo físico como uma espécie de máquina que possui diversas partes que se movem, sendo que o movimento de determinada parte causa o movimento de outra, como uma engrenagem que possui suas partes ligadas entre si e responsáveis pelo seu funcionamento.

Sendo assim, como bem afirma Brito (2011), é possível verificar que Descartes firmou a filosofia moderna, partindo de sua tendência racionalista, através da qual a sociedade sedenta por novos fundamentos e valores encontra na razão uma base sólida. Consequentemente, agilizou o processo de laicização<sup>4</sup> da cultura ocidental, bem como viabilizou uma compreensão mecanicista e objetiva de homem e de universo.

### 2.3 Leibniz

De acordo com Almeida (2003), Gottfried Wilhelm Leibniz, nasceu em Leipzig, Alemanha, em 1646. Estudou direito e, logo após ter defendido a sua tese sobre a lógica, bacharelou-se em Filosofia. Em 1666, escreveu a tese *De Arte Combinatória*, um trabalho acerca do método de raciocínio; trabalho este que contribuiu para o seu doutoramento em Filosofia na Universidade de Altdorf (Alemanha) e para comprovar a sua aptidão para o ensino.

Segundo Carvalho (2007), em 1666, Leibniz, recebeu o título de doutor em direito pela Universidade de Altdorf, já que a universidade de Leipzig o considerava jovem demais para a titulação. Não obstante ser graduado em direito, sempre se interessou por matemática, interesse este desenvolvido durante as aulas de filosofia do curso de direito, que lhe despertaram uma atenção especial por combinatória através da lógica, apesar de já ter escrito anteriormente um pequeno tratado matemático sobre a combinatória.

---

<sup>4</sup> Laicização é o processo pelo qual a sociedade torna-se laica.

Leibniz, após terminar seus estudos universitários, ingressou no serviço público alemão e cumpriu uma série de missões diplomáticas. Nas viagens em missões teve contato com grandes cientistas da época, mas mesmo sendo contemporâneo de Newton, não o conheceu. Passou a viver uma vida cultural intensa, e em missões diplomáticas a Londres participou de reuniões da Sociedade Real, do qual acabou tornando-se sócio. Após viver em Paris foi para Hannover, onde foi nomeado bibliotecário e vereador da corte ducal. Nesse período fundou a Academia das Ciências de Berlim e contribuiu com artigos para jornais eruditos da França e da Alemanha (CARVALHO, 2007).

Durante os anos de 1670 e 1671, Leibniz escreveu os seus primeiros trabalhos sobre mecânica e, por volta de 1671, produziu a sua máquina de calcular. Em março de 1672 foi para Paris numa missão política. Esta visita fez com que Leibniz estabelecesse contato com muitos matemáticos e cientistas, nomeadamente o físico Christiaan Huygens (1629-1697), e fez também com que o seu interesse pela Matemática disparasse. Não obstante de ter lido pouco sobre o assunto, e ter escrito o trabalho de 1666, Leibniz afirmou não ter tomado conhecimento sobre a Matemática até 1672 (ALMEIDA, 2003).

Além de ser um diplomata, Leibniz era um filósofo, advogado, historiador, filologista e um geólogo pioneiro. Ele desenvolveu trabalhos fundamentais nas áreas da lógica, mecânica, óptica, matemática, hidrostática, pneumática, ciência náutica, e máquinas calculadoras. Embora a sua profissão tenha sido a jurisprudência, o seu trabalho na área da matemática e filosofia está entre os melhores que o mundo já produziu (ALMEIDA, 2003).

Leibniz publicou trabalhos sobre o Cálculo a partir de 1684; no entanto, muitos dos seus resultados, tal como o desenvolvimento das suas ideias, estão contidos em centenas de páginas de notas feitas a partir de 1673, que nunca foram publicadas por ele. Estas notas, tal como é de esperar, saltam de um tema para outro e contém exemplos de mudança, à medida que o pensamento de Leibniz ia se desenvolvendo. Algumas são apenas ideias que lhe ocorriam quando estava a ler um livro ou artigos de estudiosos matemáticos, físico e filósofos, dentre eles Gregory de St. Vincent, Pierre de Fermat, Blaise Pascal, René Descartes e Isaac Barrow, ou apenas tentativas de projetar os pensamentos destes na sua própria aproximação do Cálculo (ALMEIDA, 2003).

Por certo, não paira dúvidas a respeito das inúmeras contribuições de Leibniz; no entanto, das suas contribuições para a matemática a mais importante é a invenção do cálculo diferencial e integral, que representa um grande avanço para a matemática. Entretanto, apesar de seu trabalho admirável, Leibniz morreu negligenciado na cidade de Hannover, na Alemanha, em 1716 (ALMEIDA, 2003; CARVALHO, 2007).

### **2.3.1 Leibniz e a física**

Segundo Sita (2010), Leibniz entendia que existia uma explícita diferenciação entre o que está acima da razão e o que é contrário à razão (ou impossível). Tudo o que pertence ao mundo natural está situado também no campo da razão, ou seja, pode ser adequadamente compreendido e explicado sem que seja necessário apelar ao milagre ou a qualquer tipo de intervenção divina, sem que esteja colocado acima da razão humana. A física leibniziana trata da natureza do que pode ser conhecido, em parte, pela razão humana. Para ele há uma ordem natural presente no mundo e essa ordem, a que tudo está submetido e é conforme, pode ser compreendida pelos homens, bastando que estes se utilizem do método adequado, no caso, a análise, e que estejam familiarizados com as leis da natureza.

Leibniz tentava também descobrir uma forma mais adequada de achar a verdadeira medida do movimento da matéria, a qual atribua, como Descartes, a uma força que lhe é inerente, ou seja, que faz parte de maneira inseparável da essência de um ser ou de um objeto. Nas experiências de Galileu Galilei, descritas poucas décadas antes em seu livro *Duas Novas Ciências*, esse sábio italiano já havia concluído que a velocidade final de corpos em queda livre não dependia do peso, mas apenas da altura da qual caíssem (PONCZEK, 2000).

Compreendeu Leibniz que um objeto pesado causaria mais impacto ao atingir o solo do que outro leve, supondo ambos caindo de uma mesma altura e adquirindo, deste modo, a mesma velocidade final. O filósofo alemão acreditava que, para medir a força, bastava encontrar uma maneira de medir o impacto causado pelo corpo. Esse, por sua vez, de acordo com o princípio de identidade entre causa e efeito, confundir-se-ia com a própria força, sendo esta inerente. É então importante notar que, para a filosofia leibniziana, a força e o impacto, o qual faz o corpo erguer-

se novamente, eram um par constituído pela causa imanente (inerente) e o correspondente efeito que a exprime. Neste contexto, a força descendente, o impacto e a nova força ascendente formariam uma tríplice cadeia de causas imanentes e efeitos (PONCZEK, 2000).

Assim, o equívoco cartesiano apontado por Leibniz refere-se à tese da conservação da quantidade de movimento no universo. Uma vez que o mecanicismo se propunha a explicar o movimento dos corpos físicos exclusivamente em termos de suas chamadas qualidades primárias, a saber, as propriedades advindas da extensão, tais como tamanho, figura e movimento, Descartes foi levado a supor que a mesma quantidade de movimento se encontrava distribuída na natureza, apenas sendo comunicada ou transmitida de um corpo ao outro (TARGA, 2009).

Há que salientar, segundo afirma Sita (2010), que o conceito metafísico leibniziano de força guarda alguma similaridade com a ideia aristotélica das formas substanciais, uma vez que envolve a espontaneidade ou uma tendência para a ação. Para Aristóteles, o movimento constitui o centro conceitual da sua teoria da natureza, envolvendo as noções de lugar natural, de mudança, de espaço, da determinação dos seres qualitativamente e quantitativamente. Cada um dos componentes do cosmo tem o lugar da sua perfeição na estrutura do todo, donde se deduz que o movimento determinante dos seres não é meramente ideal, mas constitui os valores absolutos das suas existências.

Leibniz entendia que a força é tomada como sinónimo da realidade metafísica dos corpos, ou seja, da natureza da realidade deles. Ele afirmava que não é a quantidade de movimento que se mantém constante no universo, mas a força viva, responsável pela resistência dos corpos à penetração e à alteração no seu movimento. Deste modo, a força deve ser medida segundo o que ela pode produzir. Assim, a teoria de Leibniz é baseada nos conceitos de ‘força viva’ e ‘força morta’, isto é, um objeto que se encontra em movimento possui uma ‘força viva’, ao contrário de outro, em repouso, que possui uma ‘força morta’. Essa ideia traz consigo a tendência para a ação, característica de toda substância leibniziana (SITA, 2010).

Quanto às noções determinantes de um corpo, para Leibniz, tem-se que:

Pode-se até mesmo demonstrar que a noção de tamanho, figura e movimento não possui a distinção que se imagina e que contém algo de imaginário e relativo às nossas percepções, como o são ainda (embora

bastante mais) a cor, o calor e outras qualidades semelhantes, cuja existência verdadeira na natureza das coisas fora de nós se pode por em dúvida. Por isso tais espécies de qualidades não podem constituir qualquer substância (LEIBNIZ 1979 *apud* TARGA, 2009, p. 9).

As propriedades da extensão consistem em determinações extrínsecas da realidade que bastam para a explicação dos fenômenos, contanto que não se lhe atribua a tarefa de uma fundamentação definitiva. A forma substancial, a seu turno, apontando o princípio metafísico de atividade inerente aos corpos, permite um alcance ontológico que se estende para além das explicações mecânicas, mas não deve impor-se às considerações físicas sobre a natureza. A noção de forma substancial retomada no Discurso de metafísica distingue-se, sendo assim, da noção escolástica não propriamente quanto ao seu conteúdo, mas sim pelo âmbito de aplicação ao qual ela será destinada no interior da filosofia leibniziana (TARGA, 2009), conforme tem-se a seguir:

Pode um físico explicar as experiências servindo-se quer das experiências mais simples já realizadas, quer das demonstrações geométricas e mecânicas, sem necessidade do recurso a considerações gerais que pertencem a outras esferas; e se recorre, para esse fim, ao concurso de Deus, ou então de alguma alma, arque ou outra coisa desta natureza, é tão extravagante como quem numa importante deliberação prática queira entrar em grandes raciocínios sobre a natureza do destino e da nossa liberdade.[...] Mas esta insuficiência e mau uso das formas não nos deve fazer rejeitar uma coisa cujo conhecimento é tão necessário em metafísica que, sem ele, tenho por impossível o conhecimento perfeito dos primeiros princípios, ou a suficiente elevação espiritual para o conhecimento das naturezas incorpóreas e das maravilhas de Deus (LEIBNIZ, 1979 *apud* TARGA, 2009, p. 9).

Interessante observar ainda que, Leibniz afirmava que Deus tem um papel essencial, porém, somente enquanto criador das almas ou substâncias, sendo que estas pela natureza que lhes seria peculiar, fariam com que todas as suas ações proviessem de seu fundo. Assim, o processo de percepção das substâncias se daria pela própria natureza representativa destas. Outrossim, é necessário destacar que a interação com as demais almas seria sustentada por uma espécie de acordo universal prévio estabelecido por Deus. Tais substâncias, pelo fato de terem como foco o mesmo objeto representativo, cada uma o percebendo a seu modo, comporiam de forma organizada uma totalidade, denominada de universo. Esse processo inerente a essa relação, também ocorreria no que concerne ao contato

entre alma e corpo, propiciando a comunicação e a união entre eles (FREITAS, 2014).

## 2.4 Newton

Isaac Newton, nasceu prematuramente, em 25 de dezembro de 1642, em Woolsthorpe, Lincolnshire, Inglaterra. Era filho de Isaac Newton e de Hannah Ayscough. Quando Newton nasceu seu pai tinha falecido há apenas 2 meses. Algum tempo depois, sua mãe voltou a casar, com Barnabas Smith, reverendo de North Witham, tendo abandonado Newton aos cuidados dos avós maternos. Newton tinha então três anos de idade (BALOLA, 2010).

Isaac Newton frequentou a escola local de Woolsthorpe, onde aprendeu a escrever e a ler. Foi criado pela sua avó materna até agosto de 1653, data em que faleceu o seu padrasto e a sua mãe voltou para a sua antiga casa, trazendo consigo mais três filhos, meio-irmãos de Newton (BALOLA, 2010).

Passados quatro anos na escola em Grantham, a sua mãe exigiu-lhe que abandonasse a escola e que voltasse para a quinta herdada de seus avós, para que administrasse a mesma. Newton revelou um grande desinteresse pela quinta da família, então, sua mãe decidiu que o melhor seria Newton voltar a Grantham e preparar a sua entrada na Universidade de Cambridge (BALOLA, 2010). Aos dezoito anos, em 1661, ingressa na Universidade de Cambridge, no Trinity College.

Em 1665, conforme esclarece Lança (2005), Isaac Newton deixou Cambridge para uma permanência na sua casa, na aldeia de Woolsthorpe, por causa da temida peste negra. Biógrafos afirmam que foi essa a época mais produtiva da vida de Newton (quando teria escrito os rascunhos dos Principia).

Esse período entre 1665-1666 é designado pelo próprio como *annus mirabilis*<sup>5</sup>. Foi nesta época que, segundo a lenda, uma maçã lhe caiu sobre a cabeça inspirando-o sobre o fenômeno da gravidade. Foi também neste período de tempo que Newton desenvolveu o seu método das fluxões (método das tangentes), as teorias de luz e cor, e adentrou bastante no conhecimento dos problemas dos movimentos dos planetas que, possivelmente, o levaram à posterior publicação dos Principia. A sua relação com Isaac Barrow, seu mestre, já tinha, nesta altura,

---

<sup>5</sup> Expressão latina cujo significado é ano miraculoso.

começado, e ambos desenvolvem diversos estudos matemáticos, ópticos e alquímicos (BALOLA, 2010).

O primeiro biógrafo de Newton, Willian Stukeley, ouviu do próprio Newton sobre a ideia da gravitação universal ao observar a queda de uma maçã. Nessa observação Newton começa a se perguntar: e se a mesma força, responsável pela queda da maçã, valesse também para a Lua? Então, ele presumiu que a Lua estaria caindo em direção à Terra devido à força que a terra exerce sobre ela. Entretanto, isso não ocorre. Então pensa ele: deve ter uma força mais forte que puxa a Lua num sentido contrário e o responsável por essa força deve ser a força que Sol atua sobre a Lua. Deste modo, a medida que a terra puxa a Lua, o Sol atrai com uma força contrária e mais forte, fazendo compensar a queda da mesma, e é isso que faz a Lua realizar sua trajetória em torno da Terra (OLIVEIRA, 2009).

Depois de muito esforço mental, Newton imagina que essa força de interação entre os corpos se dará como se toda a massa estivesse concentrada no centro do corpo e, assim, as forças atuam nos seus centros. A partir dessas ideias cria a lei do inverso do quadrado da distância (OLIVEIRA, 2009).

Newton, em 11 de janeiro de 1672, entra para a Royal Society, como Membro, onde participa nos debates enviando ensaios sobre temas ópticos (BALOLA, 2010).

Em 1679 morre a sua mãe e Newton volta a Woolsthorpe para tratar de assuntos familiares. Durante um curto período de tempo, Newton afasta-se da Royal Society e não participa mais de debates. Contudo, em novembro de 1679, inicia uma troca de correspondência com o físico Robert Hooke sobre o movimento dos planetas. Não se sabe ao certo que influência terá tido, por certo, esta comunicação epistolar entre Newton e Hooke; porém, Newton admite que o conduziu à descoberta do teorema da elipse (BALOLA, 2010).

Em agosto de 1684, Newton recebe a visita do físico Edmund Halley em Cambridge. Esta visita ficou legendária, pois conta-se que foi uma pergunta formulada por Halley a Newton que o levou aos Principia. A pergunta foi: Qual seria a forma da órbita de um planeta ao redor do Sol se o planeta fosse atraído em direção ao Sol por uma força que variasse inversamente com o quadrado da distância? Newton respondeu que seria uma elipse. Para comprovar que tinha calculado o que afirmara, Newton envia a Halley, em novembro de 1684, o tratado



De Motu. Em 1687, surgem os *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, considerado por muitos como o mais importante livro publicado na história da ciência (BALOLA, 2010).

O livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* é composto por três volumes. O livro um discute uma dinâmica geral sem preocupação com o atrito. O livro dois trata de problemas relativos aos movimentos de corpos sólidos suspensos num meio fluido, levando em consideração a natureza do atrito. E no terceiro livro, Newton apresenta uma descrição para os movimentos dos corpos celestes, baseando-se nas três leis que levam seu nome (OLIVEIRA, 2009). Para isso, Newton propõe três axiomas básicos que explicam as interações entre os corpos. Newton assevera que:

Lex I: Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.

Lei I: Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele.

Lex II: Mutationem motis proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

Lei II: A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é aplicada.

Lex III: Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sine corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi

Lei III: A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos. (Newton, 1726, p. 19).

Com essas palavras, Isaac Newton deduz todos os movimentos e fenômenos mecânicos no planeta e consegue expandir esse conceito para a Lua e os demais planetas do sistema solar, que anteriormente eram tidos como o mundo supralunar regidos por leis perfeitas que não eram as mesmas do mundo sublunar. Newton chega à conclusão que o movimento é devido à inércia e a interação entre

os corpos, seja diretamente ou não, como é o caso da gravitação. Isso permite aos corpos conservarem seus movimentos em torno do Sol e manterem o equilíbrio de todo o sistema solar (PINHEIRO, 2008).

Em 1696, abandona Cambridge e assume o cargo de Master of the Mint (diretor da Casa da Moeda britânica), cuja tarefa seria a de reformar e supervisionar a cunhagem da moeda britânica. Em 1703, depois da morte de Robert Hooke, então presidente da Royal Society, assume Newton esse cargo, para o qual foi anualmente eleito (BALOLA, 2010). Um ano depois, ele publica a obra *Optiks* (Óptica), em que apresenta a natureza da luz e as cores dos objetos, com textos escritos relacionados a estudos que ele havia realizado há mais de 20 anos.

Com suas leis, Newton ensina para o mundo como o universo se comporta, explicando o movimento de lançamentos de objetos, o movimento dos planetas, satélites. Enfim, Newton deu a base da Mecânica.

Em 20 de março de 1727, morre em Londres aos 85 anos enquanto dormia, sendo homenageado com grande honraria (OLIVEIRA, 2009).

#### **2.4.1 Newton e a física**

De acordo com Teixeira; Peduzzi e Freire Jr. (2010), a Gravitação Universal de Newton é um assunto que, por si só, é de grande interesse para aqueles que se dedicam ao estudo da Física em função da riqueza conceitual que carrega consigo, tanto em relação às ideias físicas sobre força, movimento e princípios de conservação, devido à linguagem matemática concentrada em tais conceitos, quanto também das próprias ideias astronômicas.

Pinheiro (2008) afirma que o modelo de gravitação criado por Newton, teve por escopo explicar os movimentos da lua e dos corpos celestes. Newton conseguiu introduzir suas leis da mecânica nas leis de Kepler<sup>6</sup> com extraordinária intuição. Pode-se concluir então que as mesmas leis que regeriam o movimento na superfície da Terra poderiam também ser consideradas para os corpos celestes.

Para Garcia (2010), a ideia de uma interação mútua entre os planetas, promovida pelo princípio de gravitação universal – com o apoio indispensável da

---

<sup>6</sup> Johannes Kepler foi um astrônomo e matemático alemão que viveu entre 1571 e 1630, sendo conhecido por ter formulado a mecânica celeste.

terceira lei do movimento – possibilitou a Isaac Newton avançar no estudo do problema de dois corpos, em torno do qual seus contemporâneos haviam se esforçado para determinar as propriedades do movimento planetário, uma vez expressas pelas Leis de Kepler, e tratar (matematicamente) de um problema bem mais complexo ao considerar as perturbações planetárias causadas pela interferência externa de um terceiro corpo.

Vale salientar que, no tocante ainda acerca da gravitação universal, não obstante tenha admitido que suas conclusões o levaram a estabelecer um princípio do movimento dos corpos celestes, a partir de princípios matemáticos confirmados por numerosas experiências, Newton não recorre a nenhum dos raciocínios matemáticos para justificá-lo. O mais importante era derivar a gravitação universal e fornecer uma explicação física para o conceito de força referida na primeira Lei do Movimento, pois, não reconhecer essa atitude, implicaria em considerar que a força responsável pelo movimento curvilíneo dos planetas jamais poderia ser identificada com a ação exercida por um corpo central, lugar de que deriva a proporcionalidade entre massa e força gravitacional (GARCIA, 2010).

Nesse contexto, Pinheiro (2008) garante:

A única questão que diferenciava essas manifestações da natureza era o conceito de ação a distância. Para Newton uma força motriz gera uma aceleração em um dado corpo e é proporcional a esta mesma força. Mas, e no caso desta interação indireta entre os corpos cuja força age a distância, poderia seguir os mesmos princípios que ocorrem na interação direta de dois corpos? Newton conclui que sim. (PINHEIRO, 2008, p. 11).

Entretanto, a melhor hipótese para a gravitação foi a ação a distância entre os corpos, que era diretamente proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias que separam os centros dos corpos. Em outras palavras, como o próprio Isaac Newton afirmou (PONCZEK; ROCHA, 2002 *apud* PINHEIRO, 2008):

É certo que ela (a gravidade) deve provir de uma causa que penetra nos centros exatos do sol e dos planetas [...] e que opera de acordo com a quantidade de matéria que eles contêm, e propaga a sua virtude em todos os lados a imensas distancias, decrescendo sempre no quadrado inverso das distâncias. A gravitação com relação ao sol é composta a partir das gravitações em relação às várias partículas da qual o corpo do sol é composto; e ao afastar-se do sol, diminui com exatidão na

proporção do quadrado inverso das distancias até a órbita de saturno. (PONCZEK; ROCHA, 2002 *apud* PINHEIRO, 2008, p. 11).

Assim, no momento em que Newton escreveu sua obra intitulada *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, publicada em 1687, ele enunciou um conjunto de três leis fundamentais que regeriam todos os fenômenos da Mecânica. Através dessas leis, chegou-se a solução do problema básico deste ramo da Física, qual seja, a determinação da trajetória de qualquer corpo em movimento, uma vez conhecidas as forças atuantes sobre ele. A bem da verdade, a publicação, em 1687, dos *Principia* de Isaac Newton, foi um dos mais notáveis acontecimentos da história da Física (KOYR, 1982 *apud* LANÇA, 2005):

O *Principia* inicia com oito definições, em seguida tem-se o Escólio (discute conceitos de espaço e tempo absolutos). Depois vêm os três axiomas ou leis do movimento e seis corolários seguidos por um Escólio. Posteriormente, vem os três livros dos *Principia*: Movimento dos corpos, Movimento dos corpos em meios resistivos e Sistema do mundo (ASSIS, 1998 *apud* LANÇA, 2005).

O texto começa com definições de massa, momento, inércia, força. Vêm, em seguida, as três leis do movimento e os princípios de adição de forças e velocidades (Unidade 1). No início do livro III dos *Principia*, Newton apresenta as Regras de raciocínio em Filosofia. A primeira é chamada Princípio da Parcimônia, a segunda e a terceira, Princípios da Unidade. São elas, numa forma concisa e usando linguagem moderna, segundo o Projeto Física (1978 *apud* LANÇA, 2005):

1. a natureza não faz nada em vão, e nada é mais vão do que aquilo que para nada serve. A natureza é essencialmente simples; por isso, não se deverão introduzir mais hipóteses do que as necessárias e suficientes para explicar os fatos observados. Esta fé fundamental para todos os cientistas assemelha-se a uma paráfrase de Galileu: “a natureza não usa muitas coisas para fazer aquilo que pode ser feito com poucas”. Galileu, por sua vez, estava a recordar uma longa opinião de Aristóteles. Assim, a fé na simplicidade tem uma longa história.

2. conseqüentemente, para os mesmos efeitos naturais devemos, tanto quanto possível, atribuir as mesmas causas. Como a respiração para o homem e para um animal; a queda de pedras na Europa e na América;...a reflexão da luz na Terra e nos planetas.

3. as propriedades comuns a todos aqueles corpos que podem ser objeto das nossas experiências devem ser atribuídas (até prova em contrário) a todos os corpos em geral. Por exemplo, uma vez que todos os objetos conhecidos dos experimentadores têm massa, esta regra guiaria Newton na proposição de que todos os corpos têm massa (mesmo aqueles que estão fora de nosso alcance, na região celeste).

4. “Na filosofia hipóteses ou generalizações baseadas na experiência devem ser aceites como “corretamente” ou muito aproximadamente verdadeiras, não obstante quaisquer outras hipóteses contrárias que possam ser imaginadas”. Devemos aceitar tais hipóteses até que surja evidência adicional pela qual possam ser tornadas ainda mais precisas ou revistas. (PROJETO FÍSICA, 1978, *apud* LANÇA, 2005, p. 12-13).

Assim, a primeira lei de Newton explica que um corpo permanece em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme a não ser que uma força passe a atuar para mudar seu estado. Segundo Oliveira (2009), aqui, ele apresenta o conceito de massa de um corpo, que é a resistência do corpo ao movimento, ou seja, quanto maior for a massa maior será sua resistência ao movimento.

Já a segunda lei, diz que a mudança do movimento é proporcional à força aplicada ao corpo e pode ser descrita através da equação:  $F = ma$ .

A terceira lei explica que toda ação existe uma correspondente reação igual e contrária; que na natureza os corpos se atraem mutuamente com forças de mesma intensidade, mesma direção, porém sentidos contrários (OLIVEIRA, 2009).

Ainda em Principia, tem-se, na página 44, O Escólio, em que Newton faz a explicação sobre tempo absoluto, espaço absoluto lugar e movimento absoluto (LANÇA, 2005):

I - O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração. O tempo comum aparente e relativo é uma medida de duração perceptível e externa (seja ela exata ou irregular) que é obtida por meio de movimento e que é normalmente usada no lugar de tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano.

II - O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece sempre similar e imóvel. Espaço relativo é alguma dimensão ou medida móvel dos espaços absolutos, a qual nossos sentidos determinam por sua posição com relação aos corpos, e é comumente tomado por espaço imóvel; assim é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinado pela sua posição com relação à Terra. Espaços absoluto e relativo são os mesmos em configuração e magnitude, mas não permanecem sempre numericamente iguais. Pois, por exemplo, se a Terra se move, um espaço de nosso ar, o qual relativamente à Terra permanece sempre o mesmo, será em algum momento parte do espaço absoluto pelo qual o ar passa; em um outro momento será outra parte do mesmo, a assim, com certeza, estará continuamente mudando (LANÇA, 2005, p. 13-14).

Neste segmento, Porto e Porto (2008) admitem que o impacto da teoria newtoniana sobre a ciência com seu caráter de universalidade e previsibilidade, configura-se como um dos episódios mais profundos da história do pensamento

humano, conduzindo a um imenso otimismo, relacionado à capacidade aparentemente ilimitada do Homem de compreender o mundo a sua volta.

De fato, com Newton é possível falar da conclusão de um processo, iniciado na Revolução Científica, de descrição do Universo por meio de leis matemáticas e, ao mesmo tempo, do início de uma nova fase da ciência, dominada agora pelo paradigma da previsibilidade determinística, trazida pela mecânica newtoniana (PORTO; PORTO, 2008).

### 3 CONCEPÇÕES DA APRENDIZAGEM

Desde que nasce o ser humano inicia o processo de aprendizagem. Aprender a mamar, andar, falar, e tantas outras coisas que irão garantir sua sobrevivência, ocorre como um processo natural e espontâneo. Acontecendo dentro do organismo e não podendo ser diretamente observada, a aprendizagem é comumente definida como “uma mudança relativamente duradoura no comportamento, induzida pela experiência” (DAVIDOFF, 1983 *apud* ARAÚJO, 2007, p. 12). No processo de aprendizagem coincidem um momento histórico/cultural, um organismo, uma etapa no processo de desenvolvimento da inteligência e um sujeito associado a outras estruturas.

Especificamente a respeito da educação, atualmente, ficou mais explícito que para se falar a respeito desse assunto não bastava trazer a ideia de aprendizagem, normalmente entendida como modificação de comportamento. O conceito de aprendizagem tem em si um resquício muito forte da psicologia behaviorista, a qual tratava a aprendizagem, fruto de condicionamentos, como sendo a forma maior de se organizar o comportamento de uma pessoa, ou seja, a mãe de todas as modificações na personalidade do sujeito.

Giusta (1985) afirma que, de fato, o conceito de aprendizagem surgiu das concepções empiristas de psicologia, ou seja, de investigações levadas a termo com base no pressuposto de que todo conhecimento provém da experiência. Isso significa afirmar o primado absoluto do objeto e considerar o indivíduo como uma tábua rasa, uma cera mole, cujas impressões do mundo, fornecidas pelos órgãos dos sentidos, são atreladas umas às outras, dando lugar ao conhecimento.

Neste sentido, a aprendizagem é a progressiva mudança do comportamento que está ligada, de um lado, a consecutivas apresentações de uma situação e, de outro, a repetidos esforços dos indivíduos para enfrentá-la de maneira eficiente. (MCCONNELL, *apud* PILLETI, 2008).

De acordo com Freire (1996), o ato ou vontade de aprender é uma característica essencial do psiquismo humano, pois somente este possui o caráter intencional, ou a intenção de aprender; o caráter dinâmico, por estar sempre em mutação e procurar informações para a aprendizagem; e o caráter criador, por buscar novos métodos visando à melhora da própria aprendizagem. Assim,

A aprendizagem, enquanto processo de construção, define-se como um efeito que a partir de uma articulação de esquemas, sugere que diferentes dimensões coexistem para possibilitar ao ser humano configurar uma dinâmica própria do funcionamento, caracterizando assim o processo de aprendizagem (PUGLISI e CAVALARI, 2010, p. 105).

Confirmando essas reflexões, Weiss (1994), sugere que diante de uma não aprendizagem, é preciso estar atento não só aos fatores internos do aluno, intra-subjetivos, oriundos de sua história pessoal e familiar, mas também aos fatores externos, relacionados à perspectiva social e escolar do problema.

Para resolver o fracasso escolar precisamos recorrer principalmente a planos de prevenção nas escolas – batalhar para que o professor possa ensinar com prazer para que, por isso, seu aluno possa aprender com prazer, tende a denunciar a violência encoberta e aberta, instalada no sistema educativo, entre outros objetivos (FERNÁNDEZ, 1990, p. 81-82).

Scoz (1996) afirma que, para motivar os alunos a aprender é fundamental que a escola tenha competência para conhecer suas necessidades, propondo desafios adequados, levando-os a construir conhecimentos, experimentar sucessos e a adquirir uma autoimagem positiva, a fim de que o prazer venha da própria aprendizagem.

Puglisi e Cavalari (2010) entendem que a aprendizagem é um processo de continuidade genética, e as diferenças qualitativas que vão sendo observadas na sua evolução permitem que se identifiquem quatro importantes níveis, que vão, de certa forma, estabelecendo o processo particular de aprender de cada pessoa.

Esses quatro níveis, de acordo com Visca (1991 *apud* PUGLISI e CAVALARI, 2010) são:

1. Protoaprendizagem: o sujeito estabelece as primeiras vinculações a partir da relação entre o cognitivo e afetivo com a mãe ou agente materno.
2. Deutoaprendizagem: refere-se às trocas produzidas entre o sujeito e o meio familiar.



3. Aprendizagem Assistemática: forma a relação do sujeito com a comunidade restrita, onde o próprio sujeito opera na comunidade. A cada nova situação que o sujeito enfrenta é ativado seu sistema mental, que pluraliza, pondo em ação uma ou mais inteligência.
4. Aprendizagem Sistemática: se configura em função da aprendizagem assistemática em interação com as instituições educativas.

Em vista disso, aprende-se quando se equilibra e se integra o sensorial, o racional, o emocional, o ético, o pessoal, e o social. Aprende-se pelo pensamento discordante, através da tensão, da busca, e pela convergência – pela organização, integração.

A bem da verdade, como declara Cardinalli (2006), a aprendizagem humana depende das funções cognitivas e também da dimensão social e afetiva, numa inter-relação entre os fenômenos físicos, biológicos, psicológicos, sociais e culturais, de uma maneira interdependente, indissociável e não apenas como uma somatória.

Outro fator que merece ser destacado é quanto aos aspectos afetivos e emocionais do indivíduo, pois, interferem diretamente na aprendizagem favorecendo ou dificultando na aquisição do conhecimento.

Segundo Falcão (2003), o termo aprendizagem, não pode ser empregado somente às ditas aprendizagens escolares, quando o estudante deve, através de prova, manifestar que adquiriu conhecimento. Mais que isso, a aprendizagem é um fenômeno do dia-a-dia, que circunstancia desde o nascimento.

As características da aprendizagem se definem em duas conclusões principais, conforme PILETTI (1985):

- a) Aprendizagem é mudança de comportamento, ou seja, quando se repete comportamentos já realizados anteriormente não se está aprendendo, só há aprendizagem na medida em que houver uma mudança de comportamento;
- b) Aprendizagem é mudança de comportamento resultante da experiência, ou seja, quase todos os comportamentos são aprendidos, mas não todos, há comportamentos que procedem da

maturação ou do crescimento do organismo e, portanto, não constitui aprendizagem, como respiração, digestão, salivação.

Concomitantemente, percebe-se que, o conhecimento se dá essencialmente no processo de interação, de comunicação. A informação é o primeiro passo para conhecer.

Conhecer é relacionar, integrar, contextualizar, fazer nosso o que vem de fora. Conhecer é saber, é desvendar, é ir além da superfície, do previsível, da exterioridade. Conhecer é aprofundar os níveis de descoberta, é penetrar mais fundo nas coisas, na realidade, no nosso interior. Conhecer é conseguir chegar ao nível da sabedoria, da integração total, da percepção da grande síntese, que se consegue ao comunicar-se com uma nova visão do mundo, das pessoas e com o mergulho profundo no nosso eu. O conhecimento se dá no processo rico de interação externo e interno. (MORAN, MASSETO E BEHRENS, 2000)

Falcão (2003) explica, porém, que outra situação que proporciona a aprendizagem é quando, ainda que o sujeito não vivencie peculiarmente a experiência, esteja observando alguém a vivenciá-la.

Goulart (1983) ainda acrescenta que, uma aprendizagem compreensiva requer que o professor conheça o processo de pensamento do aprendiz, apresente problemas que lhe pareçam interessantes e para os quais ele possa oferecer resposta. Isto significa, em outras palavras, que o professor precisa sondar o nível de desenvolvimento do seu aluno antes de planejar o ensino.

Puglisi e Cavalari (2010) lembram ainda que o processo de aprendizagem deve ser focalizado como um construtor histórico que se estabelece por axiomas construtivistas, interacionistas e estruturalistas, onde se molda uma matriz de aprendizagem que, a partir dela o indivíduo vai ao longo de seu desenvolvimento estabelecendo relações que caracterizam, de maneira geral, a sua modalidade de aprendizagem.

Por fim, como admite Araújo (2007), a aprendizagem se dá na relação ativa do indivíduo no mundo e com o mundo, envolvendo aspectos internos e externos a esse indivíduo. Eles se influenciam mútua e simultaneamente no processo de aprendizagem promovendo seu sucesso ou, numa situação de

desequilíbrio, entraves neste processo, os quais é denominado como: dificuldades de aprendizagem.

### **3.1 Dificuldades de aprendizagem**

De acordo com Andrade (2009), as teorias que se dedicam a estudar os processos de aprendizagem buscam entender as mudanças daí decorrentes, bem como todas as questões que tem participação neste processo, o que inclui, além dos aspectos relativos aos alunos, as questões que estão atreladas ao professor, seus posicionamentos e sua subjetividade.

Segundo Bossolan (2011), as dificuldades de aprendizagem vêm sendo tema de interesse desde o início do século XIX, entretanto, sem que houvesse efetivamente um campo consolidado de pesquisas sobre o assunto. Ao longo dos séculos, foram diversas as abordagens e os enfoques dados ao tema, sendo que houve uma ampliação das possibilidades a serem consideradas a respeito do assunto, e cada vez mais áreas de estudos puderam se unir na busca por uma solução.

Fonseca (1995) admite que a aprendizagem compreende por consequência uma relação integrada entre o sujeito e o seu envolvimento, da qual resulta uma plasticidade adaptativa de comportamento ou de condutas. Tal modificação do comportamento, provocada pelas experiências passadas, é uma função do sistema nervoso central. Em outras palavras, a aprendizagem configura-se como uma mudança de comportamento resultante da experiência. Trata-se de uma mudança de comportamento ou de conduta que assume diversos aspectos. É uma resposta modificada, estável e durável, interiorizada e consolidada no próprio cérebro do sujeito.

De um modo geral, Andrade (2009) esclarece que existem estudos que têm por preocupação central questões relativas ao caráter enigmático dos problemas de aprendizagem, no sentido de trazer significados mais amplos e intangíveis que os aparentes, significados que estão associados à história de cada aluno e que fazem com que cada aluno que apresente dificuldade de aprendizagem tenha motivos pessoais e individualizados para apresentá-la.

[...] o processo de aprendizagem de cada aluno tem aspectos subjetivos simbolicamente definidos e, muitas vezes, quando há dificuldades neste processo nem o próprio aluno tem acesso imediato a um saber que

explique as causas da sua dificuldade ou do seu baixo desempenho nas disciplinas escolares (ANDRADE, 2009, p. 110).

Para Noffs (2003), o ser humano transforma o ensino em conhecimento, e para que isso aconteça é importante que aquele que aprende outorgue confiança e direito de ensinar ao professor, bem como passe por quatro níveis de elaboração (orgânico, corporal, intelectual e desejante). Cada pessoa apresenta uma maneira pessoal para aproximar-se do conhecimento, configurando-se dessa forma a modalidade de aprendizagem.

Dificuldade de Aprendizagem é uma expressão, genericamente utilizada, que se refere a um conjunto de dificuldades significativas na aquisição, no uso e na compreensão dos conhecimentos ensinados na escola. Diante da recorrência desse fenômeno, educadores, pais e os próprios alunos se sentem importunados e questionam o porquê do não aprender. Contudo, inúmeras causas têm sido apontadas como obstáculos para que ocorra a aprendizagem, a principal delas, o aluno, o culpado por seu próprio fracasso (SANTOS, 2005, p. 1).

Um ponto fundamental que necessita ser esclarecido é que dificuldade de aprendizagem não é sinônimo de deficiência mental. De acordo com Santos (2009), a imprecisão do conceito de deficiência mental trouxe consequências para se esclarecer o atendimento a essa situação nas escolas comuns e especiais.

Neste panorama, já no início dos anos 1990, Fernandez (1991) classificou as dificuldades de aprendizagem em dois grandes grupos: dificuldade de aprendizagem do tipo reativa e do tipo sintoma ou inibição. No primeiro caso, a dificuldade está ligada a causas externas à estrutura individual; frequentemente surge a partir do choque entre o sujeito e o meio e afeta o aprender em suas manifestações, sem chegar a comprometer sua inteligência. A dificuldade de aprendizagem do tipo sintoma ou inibição está relacionada a causas internas à estrutura familiar ou individual. Aqui a articulação entre os níveis de inteligência, o desejo, o organismo e o corpo, se encontra afetada, o que resulta em um aprisionamento da inteligência. Essa inteligência vai se mostrar comprometida, sobretudo, na capacidade de aprender (FERNANDEZ, 1991).

Neste contexto, Smith e Strick (2001 *apud* BOSSOLAN, 2011) também acrescentam:

Para começo de conversa, o termo dificuldades de aprendizagem refere-se não a um único distúrbio, mas a uma ampla gama de problemas que podem afetar qualquer área do desempenho acadêmico. Raramente, elas podem ser atribuídas a uma única causa: muitos aspectos diferentes podem prejudicar o funcionamento cerebral, e os problemas psicológicos dessas crianças frequentemente são complicados, até certo ponto, por seus ambientes domésticos e escolar. As dificuldades de aprendizagem podem ser divididas em tipos gerais, mas uma vez que, com frequência, ocorrem em combinações – e também variam imensamente em gravidade -, pode ser muito difícil perceber o que os estudantes agrupados sob esse rótulo têm em comum (SMITH; STRICK, 2001 *apud* BOSSOLAN, 2011, p. 27).

Tal referência evidencia adequadamente aquilo que muitos estudiosos passaram a entender a respeito das dificuldades de aprendizagem, quando se passa do olhar sobre diferentes causas separadamente para um olhar que engloba e relaciona muitos fatores. Dentre esses fatores relacionais pode-se citar como principais os de ordem afetiva, social ou ambiental, cognitiva, pedagógica e orgânica. Esses fatores nunca podem ser isoladamente responsáveis pelas dificuldades de aprendizagem, sendo que frequentemente há uma associação deles e que determinam não apenas a dificuldade em aprender, mas também o baixo rendimento escolar (CRUZ, 1999 *apud* BOSSOLAN, 2011).

Na concepção de Scoz (2002, *apud* MARTINS; FIGUEIREDO, 2011) a realidade educacional brasileira ainda não conseguiu uma política clara e segura de intervenção que torne a escola capaz de ensinar e contribuir com a superação de dificuldades de aprendizagem. Para isso acontecer seria indispensável que os educadores adquirissem conhecimentos que lhes possibilitem compreender sua prática e os meios necessários para suscitar o progresso e sucesso dos alunos.

Segundo Martins e Figueiredo (2011), no processo educacional o papel de quem ensina e de quem aprende é fator primordial para que professores e alunos criem vínculos indispensáveis para a aprendizagem. Este processo precisa ser construído de forma sociointeracionista, pois ensinar e aprender envolve o professor, o aluno e o meio onde ocorrem.

Neste sentido, Vygotsky (1987) entende que a função que o professor desempenha no contexto escolar é de extrema relevância, pois ele é o elemento mediador das interações entre os alunos e entre estes e o objeto de conhecimento. Cabe-lhe, portanto, desafiar através do ensino os processos de aprendizagem e desenvolvimento.

O professor tem um papel fundamental na observação da realidade em que vivem os seus alunos, cabendo a ele procurar métodos, desenvolver técnicas de ensino que atraiam a curiosidade, que chamem a atenção desse aluno para o ato de aprender.

Outro fator fundamental que podemos atribuir ao fracasso escolar do aluno é o fato da escola não aproveitar seus conhecimentos informais aplicados ao seu cotidiano.

Numa visão ampla, Torres (1996) salienta que, se os próprios professores recordassem que antes de ser professores foram alunos, é possível que tivessem a capacidade de compreender melhor seus alunos. Basta recordar os próprios dissabores, as próprias batalhas, as próprias falhas, para verem a si mesmos refletidos no conjunto de jovens que hoje estão diante deles, e que dia-a-dia, como eles, vivem a educação como uma pesada carga e se prestam a ver no professor não o amigo cordial que gostariam, mas o fiscal que sempre está disposto a encontrar defeitos.

Neste sentido, reconhece-se que as pessoas, em especial os educandos, aprendem através de ações partilhadas mediadas pela linguagem e pela instrução. A interação entre professores e alunos, portanto, é fundamental para o processo de aprendizagem.

Portanto, o professor como mediador do processo de ensino-aprendizagem, conforme acentuam Martins e Figueiredo (2011), necessita ser interventor na resolução de problemas e desenvolver um trabalho consciente, que promova aprendizagens. Sendo assim, a escola é um dos lugares mais privilegiados para a redução de problemas de aprendizagem. Ela deve oferecer condições favoráveis e satisfatórias para que o aluno possa se sentir tranquilo quanto ao modo da escola ensinar.

### **3.2 A contextualização do ensino da física no ensino médio**

De acordo com Heineck (1999 *apud* HEINECK; VALIATI; ROSA, 2007), ainda há um número significativo de alunos que têm pouco interesse pelo estudo da disciplina Física, visto que boa parte dos alunos têm dificuldades na assimilação e compreensão dos fenômenos físicos. Muitas pesquisas apontam que esse problema

ocorre em virtude do tipo de ensino que lhes é proposto, porque muitas vezes os conceitos trabalhados distanciam-se da prática, pois pouco ou nenhum relacionamento com os fatos do dia-a-dia é apresentado. Esse relacionamento depende também de as escolas fazerem uso de recursos didáticos apropriados, que motivem e auxiliem a aprendizagem.

A bem da verdade, definir como o ensino e a aprendizagem da Física devem ser trabalhados dentro de uma sala de aula, em toda a instituição escolar, ou melhor, em toda a vida do aluno, é, cada vez mais, um grande desafio para os professores que lecionam essa disciplina. Isso passa pelo ensino globalizado.

A intenção de que o aluno globalize os conteúdos e as aprendizagens é uma das orientações expressas pela atual reforma educativa, e também uma preocupação do professorado, pela adequação de seu trabalho à realidade social e cultural contemporânea (HERNÁNDEZ; VENTURA 1998 *apud* SILVA; TAVARES, 2003, p. 7).

Devemos ter em mente que o ensino de Física está além das sucessivas repetições de conteúdos e incontáveis exercícios resolvidos em sala de aula. Na verdade, devemos ensinar nossos alunos a utilizarem os conhecimentos científicos adquiridos durante a aula na escolha de uma melhor tomada de decisão.

Sobre tal aspecto, Vinchiguerra (2001 *apud* HEINECK; VALIATI; ROSA, 2007) também acredita que o ensino da Física está sendo realizado nas escolas mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de maneira desarticulada, distanciando-se do mundo real em que alunos e professores vivem. Para esses autores, está se dando importância somente à teoria e à abstração; foca-se na utilização de fórmulas em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática de seu significado físico real; e persiste-se na repetição de soluções de exercícios, desenvolvendo um aprendizado pela automação e memorização, e não pela construção do conhecimento.

Entretanto, não é por demais enfatizar que, associar uma lei física com um fenômeno natural é algo ainda desafiador para o ser humano. Muitos assuntos de Física que são abordados logo nos primeiros anos do ensino médio causam temor nos alunos e, conseqüentemente, surgem as dificuldades na aprendizagem.

Um desses assuntos relaciona-se ao conceito de Força que, como a maioria dos conceitos em Física, origina-se da experiência cotidiana de cada indivíduo.

### 3.3 Aprendizagem do conceito de força

De acordo Leite e Almeida (*apud* CORREIA; JOSÉ, 2011), a pesquisa sobre os conceitos da Física é de extrema importância, uma vez que discussões sobre campos conceituais exigem o domínio da linguagem. Assim, a formulação do pensamento científico requer certo grau de precisão, amparada pela maturidade científica, para representar adequadamente um dado fenômeno.

No que tange especificamente ao conceito de força, Cruz (1985) afirma que assim como todos os outros conceitos em ciência, deriva de um longo desenvolvimento histórico. Para se chegar a tal conceito, como o enunciado por Newton, muitas formulações surgiram, deixando sua marca e contribuição para o entendimento.

Neste sentido, Cruz (1985) sustenta que a diferenciação das concepções científicas se configura por um trabalho laborioso de questionamento que não se dá num só momento, ou pelo trabalho de um homem, mas sim pela história e evolução do conhecimento humano. A partir de analogias, misturando dados culturais, sociais, econômicos e técnicos, cada civilização formulou seus conceitos científicos.

Assim, como declara o autor supracitado, o conceito de força é um destes conceitos cuja origem não se pode datar com precisão. No que se pode denominar estágio pré-científico, o pensamento de força surgiu provavelmente da consciência do esforço dispendido em ações como movimentar os braços e as pernas, da sensação de superar a resistência de um corpo pesado ao levá-lo do solo, ou ao levá-lo de um lugar a outro. Claramente, as noções de força, esforço, potência, trabalho, intensidade aparecem como sinônimos na linguagem do senso comum.

De modo geral, Sears; Zemansky e Young (1994 *apud* RADÉ, 2005) esclarece que:

Força é um conceito central em tudo na Física. Quando se empurra ou se puxa um corpo, exerce-se uma força sobre ele. As forças também podem ser exercidas por objetos inanimados: uma mola esticada exerce forças sobre os corpos que estiverem presos às suas extremidades; o ar



comprimido exerce-a sobre as paredes do vaso que o contém; uma locomotiva, sobre o trem que ela puxa. A força cuja presença mais se nota na vida diária é a da ação da gravidade, exercida pela Terra em todos os corpos e chamada peso do corpo (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1994 *apud* RADÉ, 2005).

Evidentemente que esse conceito apresentado é um procedimento preparatório para introduzir as Leis de Newton. Embora o conceito de Força tenha sido apresentado primeiramente por Arquimedes, mesmo apenas em termos estáticos, foi Galileu que lhe deu a definição dinâmica; contudo, foi Isaac Newton que formalizou com precisão a noção de força.

Mesmo porque, ao se analisar, por exemplo, a física aristotélica e seus conceitos acerca da Força, observa-se uma série de contradições, as quais tiveram que esperar muitos séculos para serem derrubadas. Entretanto, Cruz (1985) acredita que há claramente uma trilha aberta para aqueles mesmos que a derrubaram. Porém, o conceito de força aristotélico permaneceu e pouco se adicionou a ele, nem mesmo Arquimedes fez modificações significativas.

[...] Aristóteles reconhece dois tipos de força: a concepção platônica de força inerente à matéria, a qual ele chama de “natureza” (*physis*), e força como uma emanção da substância, a força do empurrar e puxar, causando o movimento em um segundo objeto, e não em si próprio. Este segundo tipo de força, na visão de Aristóteles, não pode ser inteiramente separado da substância na qual é originada. Desta inseparabilidade segue que o motor, como sujeito de força, deve estar em constante contato com o móvel, o objeto sobre o qual a força é exercida. Aristóteles concentra sua mecânica somente na concepção de força como agente envolvido na ação de empurrar ou puxar. É esta noção de força, como um agente compulsório do movimento, que Aristóteles submete à investigação quantitativa e que forma o cerne de sua mecânica. [...] este conceito de força que, mais proximamente, corresponde à experiência do cotidiano dos gregos, naqueles tempos (RADÉ, 2005, p. 58-59).

Vale salientar que, no período referente à ciência grega, prolífico no tratamento da visão de força, ressalta-se algumas de suas noções: força de caráter substancialista, dual (opostos em conflito), reguladora da natureza, de origem divina, inerente à matéria, atuando por contato e força como simpatia.

Outro período a ser mencionado no que se refere ao conceito de Força é o da ciência pré-clássica, onde novas teorias sobre Força foram iniciadas. Segundo Radé (2005), na maioria delas, uma nova concepção de força era empregada, com o movimento dos corpos sendo explicado por um princípio intrínseco, por uma força

suposta situada no próprio móvel. Em analogia à concepção de *impetus*, onde a força motora era concebida como inerente ao “*projectum*” (projétil, móvel), a gravidade foi reduzida a uma força intrínseca ao corpo (*gravis*), uma força que não necessita qualquer substrato para sua ação.

A partir do período da mecânica clássica, Galileu denota novo conceito de Força, o qual é determinado como primeiro e, principalmente, um conceito físico, cuja determinação está ainda além de seu poder (RADÉ, 2005).

Assim, mesmo havendo outros tantos conceitos formulados em diferentes períodos no tocante à Força, como dito, foi Isaac Newton que especificou adequadamente tal conceito, uma vez que este conceito está intimamente ligado, tanto historicamente como metodologicamente, ao estudo da gravitação, tendo em vista que as ideias de Newton, fundamentais para a Mecânica, tinham a intenção de servir, primeiro e sobretudo, como os fundamentos axiomáticos para sua dedução matemática da teoria gravitacional no sistema solar (RADÉ, 2005). Portanto, Força é o conceito fundamental da física newtoniana.

### **3.4 A interação social como ferramenta de aprendizagem no ensino da física**

Para Vygotsky a interação social é uma ferramenta importante no processo de ensino e de aprendizagem, pois é a partir dela que aprendemos a falar, a nos comunicar, a compreender as várias linguagens que nos rodeiam. As ciências de modo geral possuem as suas linguagens, e com a Física não seria diferente. Em algum momento na vida do indivíduo haverá a necessidade dessa interação social como ponte para a aquisição de novos conhecimentos, e com isso a possibilidade de internalizá-los e de passar a se comunicar nessa nova linguagem. Nesse aspecto, o professor de Física deverá favorecer essa interação, para que os alunos possam aprender a linguagem da Física ou de outras disciplinas. Ou seja, o professor deve considerar que:

“A aprendizagem pressupõe a relação de um indivíduo com outro, que possui um conhecimento e possibilita sua transmissão através de signos, isto é, de representações que substituem os objetos, eventos ou situações do mundo real e permitem ao homem criar, imaginar, libertar-

se do espaço e tempo presentes. ” (ZAMBOTTO & CASTANHO, 2005, P257)

De acordo com Mello (2004), baseando-se nas teorias de Vygotsky, o homem é um ser de natureza social que aprende a ser humano na vivência com outras pessoas, é um ser histórico-social. Na medida em que o indivíduo aprende a utilizar a cultura, vai acumulando experiências em conjunto com as pessoas de seu convívio e vai criando sua inteligência e personalidade.

Conforme Vygotsky, as funções psíquicas humanas, como a linguagem oral, o pensamento, a memória, o controle da própria conduta, a linguagem escrita, o cálculo, antes de se tornarem internas ao indivíduo, precisam ser vivenciadas nas relações entre as pessoas: não se desenvolvem espontaneamente, não existem no indivíduo como uma potencialidade, mas são experimentadas inicialmente sob a forma de atividade intersíquica (entre pessoas) antes de assumirem a forma de atividade intrapsíquica (dentro da pessoa). (MELLO, 2004, p. 141).

Segundo Rego (1995), baseando-se nas teorias de Vygotsky, as características humanas são constituídas a partir da interação dialética do homem e seu meio sociocultural, formalizadas para atender suas necessidades básicas. Assim, observamos ser fundamental para o desenvolvimento e aprendizagem do indivíduo que ele esteja relacionado com a cultura do seu entorno.

Neste contexto, o estudo da interação social no processo de ensino e aprendizagem, bem como no desenvolvimento cognitivo humano, levando-se em conta o caráter social, vem sendo evidenciado, especialmente através da abordagem vigotskiana (PONTECORVO; AJELLO, ZUCCHERMAGLIO, 2005 *apud* BOZELLI; NARDI, 2009). Tal escolha, admite Orsolini (2005 *apud* BOZELLI; NARDI, 2009), deve-se ao fato de que o diálogo entre uma pessoa menos experiente (aluno) e outra mais experiente (professor) é considerado o instrumento com o qual as práticas de ensino-aprendizagem são realizadas.

No entanto, já há uma maior preocupação em facilitar a comunicação em sala de aula entre professor e aluno, de modo a tornar o conhecimento científico compreensível, através do uso de diferentes figuras de linguagem e de dinâmicas, como por exemplo, a dinâmica da interação social.

Davis e Oliveira (1991) destacam ainda que, para Vygotsky, a forma como a fala é utilizada na interação social desempenha um papel essencialmente importante na formação e organização do pensamento complexo e abstrato, no nível

individual. Assim, as funções mentais superiores – como a capacidade de solucionar problemas, o armazenamento e uso adequado da memória, a formação de novos conceitos, o desenvolvimento da vontade – surgem, inicialmente no plano social, ou seja, na interação envolvendo pessoas.

Por fim, Freitas (2010) enfatiza que a visão construtivista de Vygotsky considera a linguagem como um sistema simbólico internamente articulado por regras e compartilhado por um grupo de pessoas, permitindo assim que estas interajam entre si, favorecendo os processos argumentativos prioritários ao estudo e análise dos fenômenos que devem ser estudados.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Marconi e Lakatos (2009), os procedimentos metodológicos, em sua essência, consistem em um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permitem alcançar o objetivo, delineando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões que deverão ser tomadas.

### 4.1 Tipo de Pesquisa

A realização do presente trabalho se deu através da pesquisa descritiva, que de acordo com Gil (2002, p. 42) “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis”.

Santos (2006) explica que a pesquisa descritiva é um levantamento das características conhecidas que compõem o fato/fenômeno/processo. É normalmente feita na forma de levantamentos ou observações sistemáticas do fato/fenômeno/processo escolhido.

Para dar sequência à pesquisa descritiva foi realizado um levantamento, porque as pesquisas deste tipo, como declara Gil (2002, p. 50), determinam-se “pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer”. Entende-se assim, que neste tipo de pesquisa se busca informações de um grupo de pessoas sobre o problema estudado.

A fim de realizar uma pesquisa adequada e coerente, é importante realizar uma pesquisa descritiva. Marconi e Lakatos (2009) destacam que o objetivo da pesquisa bibliográfica é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, até mesmo com relatos de conferências e debates, que tenham sido transcritos de alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.

Referindo-se quanto à forma de abordagem dos dados, a realização do presente estudo se deu por meio do método qualitativo. A pesquisa qualitativa é definida por Thomas e Nelson (2002) como tendo o foco a essência do fenômeno. Os objetivos são inicialmente a descrição, a compreensão e o significado aprendido

por cada um. O pesquisador não manipula as variáveis através de tratamentos experimentais, mas se interessa mais pelo processo do que pelo produto.

Além da abordagem qualitativa, utilizou-se ainda dados quantitativos que remeteram ao entendimento estatístico sobre o nível de aprendizado dos alunos sobre o conceito de força antes, em aulas convencionais, e depois da realização através da interação dos grupos.

## **4.2 População e amostra**

Com relação ao universo ou população, Vergara (2006, p. 50) caracteriza como, “[...] um conjunto de elementos (empresas, produtos, pessoas, por exemplo) que possuem as características que serão objetivos de estudo”. Assim, o universo da pesquisa foi uma escola particular de Aracaju/Se.

Quanto à amostra, Marconi e Lakatos (2009) a definem como sendo “[...] uma parcela conveniente selecionada do universo (população); é um subconjunto do universo. ”

Assim, como o universo da pesquisa foi uma escola, a amostra foi composta por 16 alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma instituição particular de ensino. A seleção dos alunos participantes se deu a partir de um convite feito pelo professor pesquisador a todos os alunos da série que tivessem interesse em participar dessa atividade em contra turno, dois dias na semana e por um período de três semanas, num total de sete horas-aula. Na primeira aula compareceram dezesseis alunos, formando assim, o grupo de estudo. Esse grupo de estudo foi dividido em quatro subgrupos, compostos cada um por quatro alunos.

## **4.3 Instrumento e método de coleta de dados**

No que tange especificamente ao instrumento utilizado, foi empregado uma entrevista semiestruturada com perguntas referentes ao tema força, para as quais podia ser respondido: sim, não e não sei.

Com relação ao método de coleta de dados, além da entrevista, foram utilizadas as informações observadas e anotadas a respeito da realização da

dinâmica em grupo com o intuito de conhecer o nível de aprendizado acerca do conceito de força, na qual cada grupo defendeu um conceito diferente.

Marconi e Lakatos (2009) acrescentam ainda que, nesse tipo de pesquisa, o entrevistador tem a liberdade de desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. Esse é um modo de poder explorar mais amplamente uma questão.

Após a aplicação da entrevista foram realizadas uma investigação e uma interpretação sobre as respostas obtidas, com intuito de compreender o nível conceitual dos alunos sobre o tema força, para posteriormente evidenciar os resultados na análise dos dados.

#### **4.4 Análise dos Dados**

De acordo com Marconi e Lakatos (2009), a interpretação dos dados, constitui-se como núcleo central da pesquisa. A análise é uma tentativa de demonstrar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores.

Para Gil (2002), a análise qualitativa depende de alguns fatores, tais como a natureza dos dados coletados, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que nortearam a investigação. Deste modo, este processo pode ser definido como uma sequência de atividades que envolvem a redução dos dados, a categorização desses dados e, sua interpretação.

Conforme já mencionado, o presente estudo se deu através da pesquisa descritiva com abordagem qualitativa e quantitativa, suscitando tanto cálculos estatísticos como análises diferenciadas por meio de evidências observadas durante a interação dos grupos, apresentando o conceito de força de cada pensador, estabelecendo e fundamentando as observações com outras publicações.

Seguiu-se, ainda, o conselho de Goldenberg (2004), que defende ser fundamental analisar comparativamente as diferentes respostas, levando o pesquisador a pensar, conseqüentemente, de maneira mais ampla.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto educacional, parte essencial desta pesquisa, refere-se ao emprego de uma ferramenta que poderá auxiliar o professor de Física no contexto de ensino e aprendizagem com alunos da 1ª série do Ensino Médio. A ferramenta representa o emprego de interação social mais ativa entre os alunos do ensino médio, consistindo, basicamente, na troca de informações que remetem à compreensão do conceito de força.

Sendo assim, elaboramos e aplicamos uma sequência didática, que teve por objetivo tornar a aplicação do produto educacional mais efetiva, objetiva e sistemática. Para tanto, foi planejada de tal forma que cada etapa da aplicação do produto educacional foi contemplada na sua plenitude.

A sequência didática foi apresentada como forma de aplicação do presente produto educacional que contemplou um total de sete etapas (sete horas-aula), que, no geral, consistiram em fornecer e colher informações acerca do conceito de força, a partir das ideias de Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton.

Na primeira aula, o professor, autor desta pesquisa, apresentou o projeto aos alunos, deixando bem claro os seus objetivos e expectativas com o mesmo. Em seguida, foi aplicado um teste inicial, ou seja, um questionário contendo 12 questões, que estão apresentas no anexo A, com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios dos quatro grupos de alunos sobre os conceitos de força.

Os resultados alcançados com a aplicação do questionário estão expostos nos gráficos das figuras 1, 2, 3 e 4, evidenciando o entendimento dos alunos a respeito do conceito de força. Deve-se observar que o conceito de força já havia sido apresentado aos alunos anteriormente, mas de forma tradicional, empregando-se apenas a apresentação do assunto em sala. Na **figura 1**, é mostrado a proporção de questões acertadas por cada aluno dos grupos, qualificando-se do primeiro aluno ao décimo sexto. Cada cor nesta figura representa um dos grupos. A **figura 2**, apresenta os alunos divididos por grupos e os seus respectivos acertos: Aristotélicos (A), em amarelo; Descartianos (D), em verde; Leibnizianos (L), em azul; e Newtonianos (N), em vermelho. A **figura 3** apresenta o percentual de acertos de cada questão. Por fim, a **figura 4** apresenta o percentual de acertos das questões por grupo.



Podemos observar, a partir dos dados levantados, que tivemos quatro alunos, 25% do total, com acertos em todas as questões, o que demonstra que esses possuíam uma compreensão mais ampla sobre o conceito força. Em contrapartida, outros quatro alunos, 25% do total, tiveram acertos inferiores a 50%, denotando assim, uma compreensão menos ampla do conceito força. Também é importante notar que nenhuma questão teve 100% de acerto nesse teste inicial; três dos quatro grupos apresentaram uma média de acertos acima de 70%; e que o grupo dos descartianos demonstrou um percentual de acertos bem abaixo dos demais grupos.

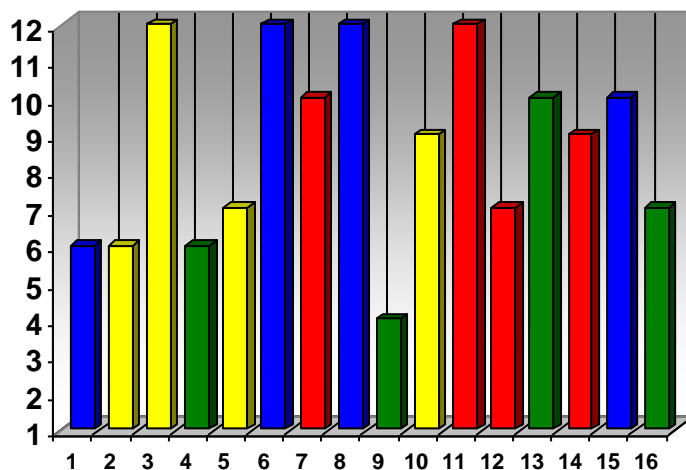
É importante chamar a atenção aqui para as questões 09 e 11, por terem apresentado um índice de respostas incorretas bastante elevado, comparado com as demais. Essas duas questões abordam a ideia de que força está associada de forma direta com a velocidade do corpo, isto é, se um corpo “perde” força, perderá velocidade. Tais conceitos estão compatíveis com as ideias de Aristóteles e Descartes. Essas questões são:

*Questão 09: Quando jogamos dois corpos de massas diferentes para cima com a mesma velocidade inicial, o de maior massa atinge uma altura menor?*

*Questão 11: Quando uma pedra é jogada com certa força para cima, durante o seu movimento de subida, a força dada à pedra vai perdendo intensidade devido à resistência do ar; o que ocasiona a parada da mesma?*

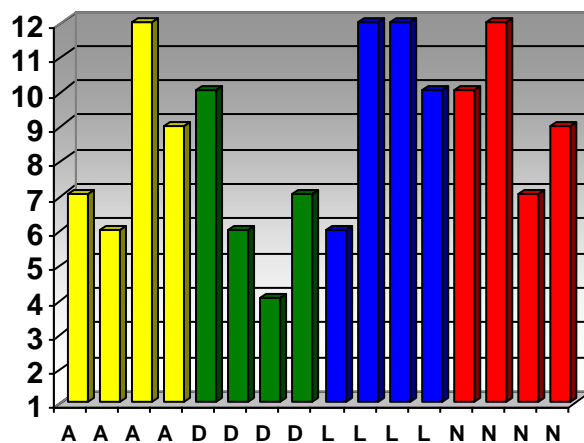
Na questão 09, provavelmente os alunos seguiram o seguinte raciocínio: sendo a massa do corpo maior, será necessária uma força maior e, conseqüentemente, o corpo subirá mais. Ou seja, os alunos não consideraram o fato das velocidades dos corpos serem iguais. Na questão 11, fica clara a troca do conceito velocidade pelo conceito força.

**Figura 1** – Quantidades de questões acertadas sobre o conceito de força no teste inicial.



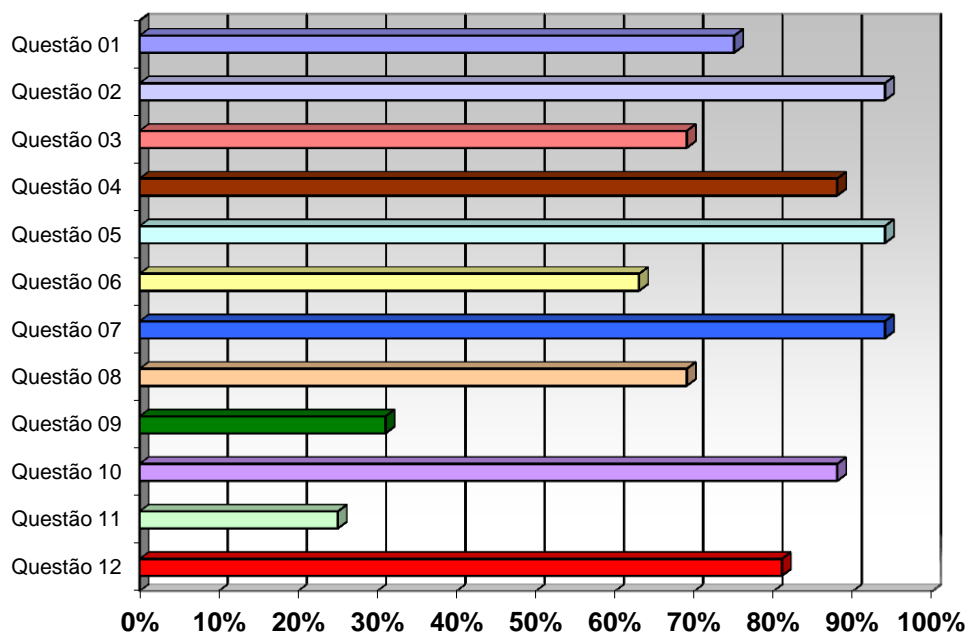
Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

**Figura 2** – Quantidades de questões acertadas por grupo no teste inicial.



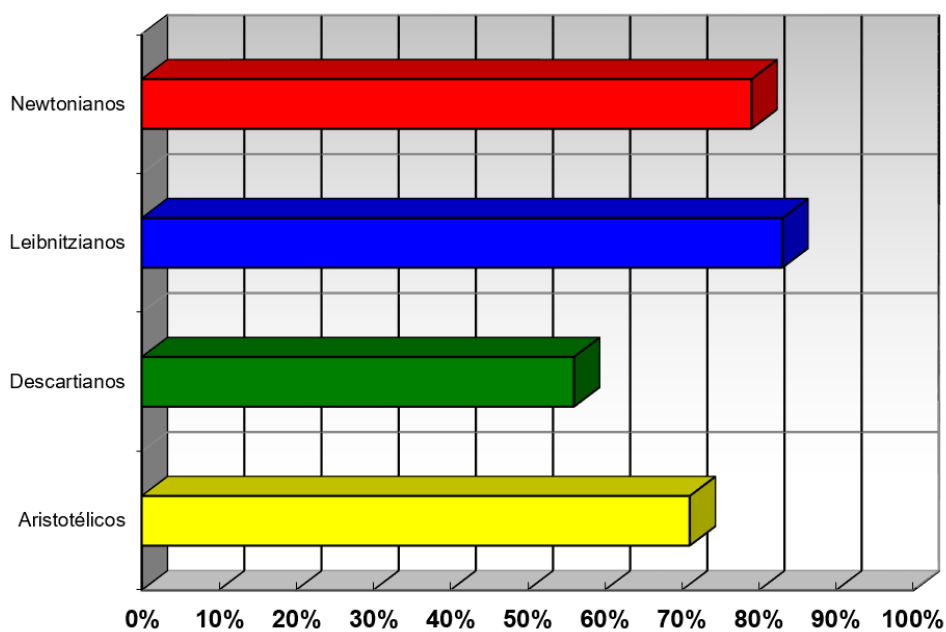
Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

**Figura 3** – Resultados percentuais de acertos de cada questão.



Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

**Figura 4** – Resultados percentuais de acerto por grupo no teste inicial.



Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

A segunda aula teve por intenção apresentar a cada grupo um histórico impresso a respeito do conceito de força defendido por um dos quatro grandes filósofos-físicos: Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton. A cada grupo foi dado um prazo de duas semanas para que estudassem e entendessem o tema sob a ótica do filósofo sorteado e com a orientação do professor de Física foram tiradas dúvidas sobre a compreensão dos textos.

Neste panorama de explicações, a terceira e a quarta aula consistiram em apresentar uma abordagem do contexto histórico e filosófico que permeavam as épocas vividas pelos respectivos filósofos, servindo para uma melhor compreensão do relativo desenvolvimento científico. Tal abordagem, foi realizada com o auxílio de professores de História e de Filosofia, formando uma aula interdisciplinar.

A quinta e a sexta aula foram compostas pela apresentação dos grupos formados por alunos da 1ª série do ensino médio, por meio de uma dinâmica de interação social. Cada grupo apresentou de forma explicativa o conceito de força com a determinada visão do filósofo direcionado ao grupo, havendo uma total troca de informações. Ao final de cada apresentação, o professor, autor dessa pesquisa, agiu como um intermediário de um debate, tendo por intenção discutir os pontos mais polêmicos de cada defesa, enaltecendo as questões mais relevantes de cada tese elaborada.

A seguir, serão descritas as observações anotadas sobre a apresentação de cada grupo, relativas ao respectivo filósofo e ao conceito de força estudado previamente.

### ***Primeiro Grupo***

O primeiro grupo apresentou sob o ponto de vista de Aristóteles. Deste modo, iniciou-se a apresentação falando que para Aristóteles existiam dois tipos de movimentos na natureza: o natural e o forçado. Sendo o natural aquele adquirido por uma pedra quando abandonada de certa altura e o forçado aquele adquirido por uma caixa ao ser empurrada. Os alunos do grupo explicaram a existência desses dois tipos de movimentos. Concluíram que, no primeiro caso, sendo a pedra constituída basicamente do elemento terra, deveria retornar ao centro do universo, que é o seu lugar natural, e ainda afirmaram que se duas pedras, uma pesada e

outra leve, são soltas de uma mesma altura, a pedra mais pesada atinge o solo primeiro e que isso acontece porque a pedra mais pesada possui mais 'terra' do que a pedra mais leve.

Continuando as explicações, o grupo declarou que a pedra mais pesada tem uma tendência maior para alcançar mais depressa a sua posição natural, conforme o ponto de vista de Aristóteles. Já o movimento forçado, esse ocorria devido à aplicação de uma força de contato sobre a caixa. O grupo também abordou uma situação corriqueira, que gerava grande polêmica na física de Aristóteles, que era justamente o movimento de um projétil, como o de uma flecha, que durante o movimento não estava mais em contato com a corda do arco. Explicaram que a flecha ao se mover ocupa um espaço que antes era ocupado pelo ar e que a quantidade de ar que aí estava se movimenta para ocupar o vazio deixado pela flecha na parte traseira, o que a impulsiona para frente. Desta forma, o ar tem a função de suporte do movimento da flecha. Sobre o fato de a flecha ir perdendo movimento o grupo explicou que esse movimento do ar não é perfeito e por isso a flecha vai perdendo força até entrar em repouso.

Em seguida, o grupo abordou a necessidade da existência de um meio resistente, pois o movimento na física aristotélica tem que ser sempre finito em extensão, visto que o mundo era entendido como limitado pela abóbada celeste. Este mundo fechado e limitado exigia, por coerência, um movimento finito em extensão e com velocidade finita também, assim, exigindo que todo movimento ocorresse com resistência do meio.

Por fim, o grupo comentou que apesar de nunca ter analisado matematicamente suas ideias, foi possível concluir que para Aristóteles a velocidade seria diretamente proporcional à força aplicada no corpo, e que quanto maior a força, maior a velocidade; sendo assim, ao cessar a força cessa o movimento. Outra observação importante feita pelo grupo é que a velocidade do corpo é inversamente proporcional à resistência oferecida pelo meio e que de acordo com as ideias de Aristóteles, um corpo abandonado longe de seu lugar natural retorna a ele tanto mais rápido quanto o meio permitir.

Depois da apresentação dos pontos de vista de Aristóteles, foi a vez de mais um grupo realizar sua apresentação, evidenciando os entendimentos de Descartes a respeito do conceito de força.

### **Segundo Grupo**

A princípio, o segundo grupo ponderou que na época de Descartes o conceito dominante para força era aquele relacionado ao fato cotidiano de que um corpo em movimento teria a capacidade de poder colocar outros corpos em movimento, além de poder vencer resistências.

Foi colocado pelo grupo que Descartes assumia que a força de um corpo era determinada pelo produto da massa desse corpo pela sua velocidade. O grupo lembrou que esse conceito era bem parecido com o conceito de “impetus” dado por Buridan<sup>7</sup> no século XIV, e que Descartes denominou tal grandeza como “*motus*”, ou alternativamente como “*vis motus*”. Os alunos lembraram que o postulado fundamental da concepção cartesiana de mundo, baseado na imutabilidade divina, estabelecia que em todos os processos materiais a força total de todos os corpos envolvidos era constante e que em termos simbólicos, isso equivalia a afirmar que:

$$\sum m.v = \text{constante} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que  $m$  representa a massa dos corpos e  $v$  a velocidade.

Por fim, o grupo abordou que na física cartesiana o princípio da inércia surgiu como um caso particular da lei da conservação da quantidade de movimento, e que para Descartes a interação entre dois corpos só pode ocorrer quando há contato direto entre eles; ou seja, não é possível nenhuma ação a distância entre dois corpos.

### **Terceiro Grupo**

O terceiro grupo elaborou sua apresentação com base nos conceitos de Leibniz, afirmando, logo de início, que a teoria de Leibniz é baseada nos conceitos de ‘força viva’ e ‘força morta’; isto é, um objeto que se encontra em movimento possui uma ‘força viva’, ao contrário de outro, em repouso, que possui uma ‘força morta’. Comentaram também ser possível a conversão de uma na outra e deram como exemplo dessa transformação a queda de um corpo, que inicialmente possui uma força morta e que durante a queda vai adquirindo força viva.

---

<sup>7</sup> Jean Buridan foi um teólogo e filósofo da idade média que se ateve a desenvolver a *teoria* do Ímpeto.

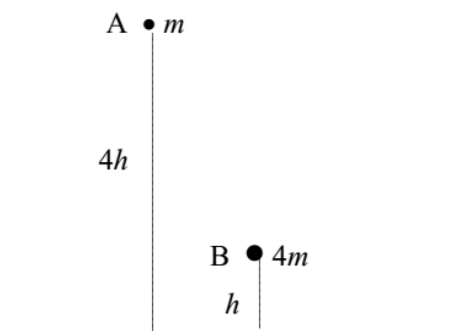
Uma parte interessante da abordagem do terceiro grupo foi sobre o “ataque” que Leibniz fez à concepção cartesiana que argumentava que a “força de um corpo” era determinada pelo produto “ $mv$ ” e que esse produto se mantinha constante em todos os processos naturais, pois para Leibniz o que se mantinha constante era  $\Sigma mv^2$ , ou como ele denominou: a força viva “*vis viva*” total, estando esse argumento baseado no fato de que qualquer corpo de massa  $m$  ao ser abandonado de uma altura  $h$ , adquire uma força de tal forma que este é capaz de retornar a essa mesma altura  $h$ , caso seu movimento seja invertido. E que assim, seria possível demonstrar que Descartes estava errado, ou seja, que a verdadeira medida da força deveria ser o seu  $m.v^2$  e não o produto  $m.v$ .

Nessa mesma linha, o grupo também relembrou teorias estudadas, informando que para Leibniz a ‘força de um corpo’ deve ser proporcional à sua quantidade de matéria e também depender da sua velocidade, embora não necessariamente da primeira potência dessa velocidade. Assim, denotando-se por  $m$  a massa do corpo e por  $f(v)$  uma função de velocidade que precisa ser determinada, tem-se, como uma medida da ‘força,  $F$ , de um corpo’, a expressão:

$$F = m \cdot f(v) \quad (\text{Equação 2})$$

Com o objetivo de demonstrar os cálculos apresentados por Leibniz, o grupo utilizou um instrumento do PowerPoint, descrevendo para os demais grupos a dedução exposta.

Como na **figura 5**, para erguer um corpo  $A$ , de massa  $m$  a uma altura  $h_A = 4h$ , deve-se exercer a mesma ‘força’ que para erguer um corpo  $B$ , de massa  $m_B = 4m$ , a uma altura  $h_B = h$ .



**Figura 5** – Representação esquemática dos corpos erguidos.

Analogamente, essas mesmas ‘forças’ estarão presentes na queda dos corpos, após terem percorrido essas mesmas distâncias. Assim, pode-se escrever que:

$$m_A f(v_A) = m_B f(v_B) \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo assim, para Leibniz, as ‘forças’ necessárias para erguer as massas  $m$  e  $4m$ , respectivamente, às alturas  $4h$  e  $h$ , são iguais, assim como são também iguais as ‘forças’ produzidas por esses objetos ao se chocarem contra o solo, em suas quedas. Sendo os quadrados das velocidades de queda livre proporcionais às suas alturas de lançamento, fazendo-se substituição na igualdade inicial, tem-se:

$$mf(2v_B) = 4mf(v_B) \quad (\text{Equação 4})$$

$$f(2v_B) = 4f(v_B) \quad (\text{Equação 5})$$

Assim, o grupo demonstrou aos demais alunos que a função da velocidade que depende a força de um corpo é quadrática. Desse modo, o que se constitui na medida de uma ‘força’, para Leibniz, a menos de uma constante, é o produto  $mv^2$ . Assim, a força é proporcional ao produto da massa do corpo pelo quadrado da velocidade:

$$F \propto m.v^2 \quad (\text{Equação 6})$$

#### **Quarto Grupo**

O último grupo fez a apresentação dos conceitos de força defendidos por Isaac Newton. Os alunos iniciaram a apresentação declarando que um dos grandes feitos da mecânica newtoniana foi a definição de leis capazes de quantizar as relações entre as forças aplicadas sobre um corpo e as respectivas alterações no movimento do mesmo. Observaram também que Newton havia intuído que a mudança no estado de repouso ou de movimento de um corpo deveria estar intimamente relacionada à causa externa que produziu tal mudança.

Neste momento, o grupo enfatizou que esta abordagem de Newton era nova, pois os corpos deixavam de ser veículos ativos da força para serem passivos à ação delas, e destacou que para Newton: “Uma força impressa é uma ação exercida sobre um corpo, de modo a mudar seu estado, ou de repouso ou movimento uniforme sobre uma linha reta”.



O grupo também destacou que Newton utilizou o estudo dos choques entre corpos, estudo bem desenvolvido por Huygens, para analisar o comportamento das velocidades durante as interações e que nesses experimentos com pêndulos, Newton foi capaz de evidenciar que a variação da quantidade de movimento de um corpo pendular, após a interação com outro corpo, deve-se a ação de uma força exercida entre eles e que sendo as variações da quantidade de movimento dos corpos simétricas, as forças atuantes entre eles também seriam; isto é, possuíam a mesma direção, a mesma intensidade e sentidos contrários.

Da mesma forma que os outros três grupos, estes alunos também aproveitaram as anotações contidas em uma série de materiais que, em linhas gerais, contribuíram para a apresentação de alguns cálculos, utilizando o recurso de PowerPoint, estes descritos a seguir:

Representando por  $\vec{p}$  a quantidade de movimento dos corpos, teremos para a situação descrita acima e considerando corpos A e B:

$$\Delta\vec{p}_A = -\Delta\vec{p}_B \quad (\text{Equação 7})$$

Dividindo-se ambos os membros dessa igualdade por  $\Delta t$ , que representa o intervalo de tempo durante o qual os dois corpos exercem ações recíprocas, a equação 7 resulta em

$$\frac{\Delta\vec{p}_A}{\Delta t} = -\frac{\Delta\vec{p}_B}{\Delta t} \quad (\text{Equação 8})$$

Essa relação indica que a taxa de variação com o tempo da quantidade de movimento do corpo A é igual e oposta à taxa de variação com o tempo da quantidade de movimento do corpo B.

Ainda seguindo a apresentação, o grupo demonstrou que, considerando a variação temporal da quantidade de movimento de um corpo como sendo a força (líquida, resultante) sobre ele (conforme Newton, “a variação do movimento é proporcional à força motora impressa e tem a direção desta força”), constata-se que o primeiro termo da relação representada pela equação 8 nada mais é do que a força exercida pelo corpo B sobre o corpo A ( $\vec{F}_{BA}$ ) e que o segundo termo representa a força que A exerce em B ( $\vec{F}_{AB}$ ), ou seja, a partir da relação, tem-se que:

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB} \quad (\text{Equação 9})$$

Finalizando, podemos observar assim que “a variação do movimento é proporcional à força motora impressa e tem a direção da força” e que este é o enunciado que Newton dá à sua segunda lei do movimento, a qual define o conceito dinâmico de força.

A sétima e última aula teve como propósito aplicar o teste final, composto pelas mesmas questões do teste inicial que foi respondido pelos alunos na primeira aula da sequência didática, com a finalidade de verificar se houve um entendimento maior a respeito do conceito de força, a partir das interações realizadas entre os quatro grupos; ou seja, observar se foi possível assimilar ou obter novas ideias a partir dos aspectos da prática vivenciada.

As figuras dos gráficos 5, 6, 7 e 8 apresentam os resultados obtidos no teste inicial aplicado logo após a realização da interação social dos grupos que defenderam seus respectivos filósofos no que se refere ao conceito de força. Podemos observar, a partir dos dados coletados, que ocorreram melhoras bastante significativas no desempenho individual e coletivo dos alunos.

No gráfico da **figura 5**, tem-se que o número de alunos que acertaram todas as 12 questões saltou de apenas quatro alunos (25% do total) no teste inicial para um total de nove alunos (cerca de 56% do total) no teste final, o que equivale a uma melhora no desempenho de mais de 100%. Nessa segunda aplicação do questionário, nenhum aluno acertou menos de 50% do total de questões, comprovando uma melhora bastante significativa na compreensão do tema abordado.

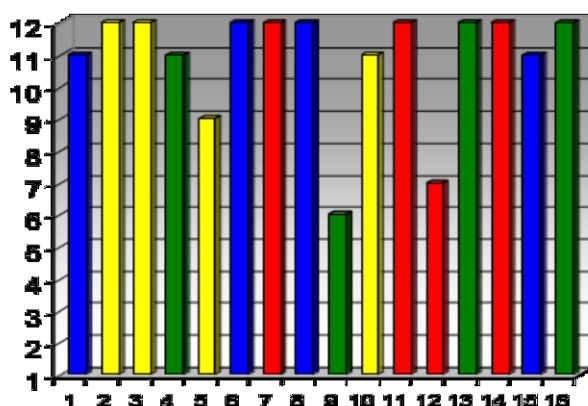
Com os resultados apresentados na **figura 6**, percebe-se também que depois da interação social os grupos apresentaram um aumento bastante expressivo no número de acertos das questões do questionário, e que, no geral, todos os alunos apresentaram uma melhora nos seus respectivos desempenhos.

Outro destaque é para o número de questões com 100% de acertos, que passou de nenhuma no teste inicial para um total de cinco no teste final, como pode-se observar na **figura 7**. Tem-se, inclusive, que as questões 09 e 11, que no

teste inicial tiveram um índice de acerto muito baixo de acertos, aparecem no teste final com índices de acerto acima de 80%.

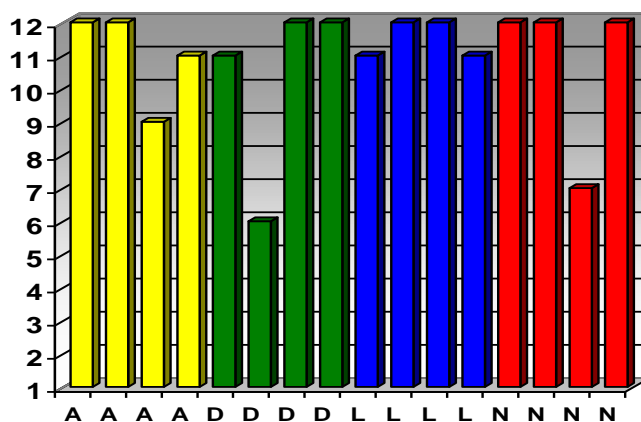
Por fim, os dados da **figura 8** nos mostram que todos os grupos tiveram um rendimento superior a 80%, evidenciando uma maior e melhor compreensão do assunto em debate. Não poderia deixar de destacar a surpreendente melhora do grupo dos descartianos que iniciou esse trabalho com um rendimento inferior a 60% e encerra com um rendimento acima dos 80%.

**Figura 5** – Quantidade de questões acertadas sobre o conceito de força no teste inicial.



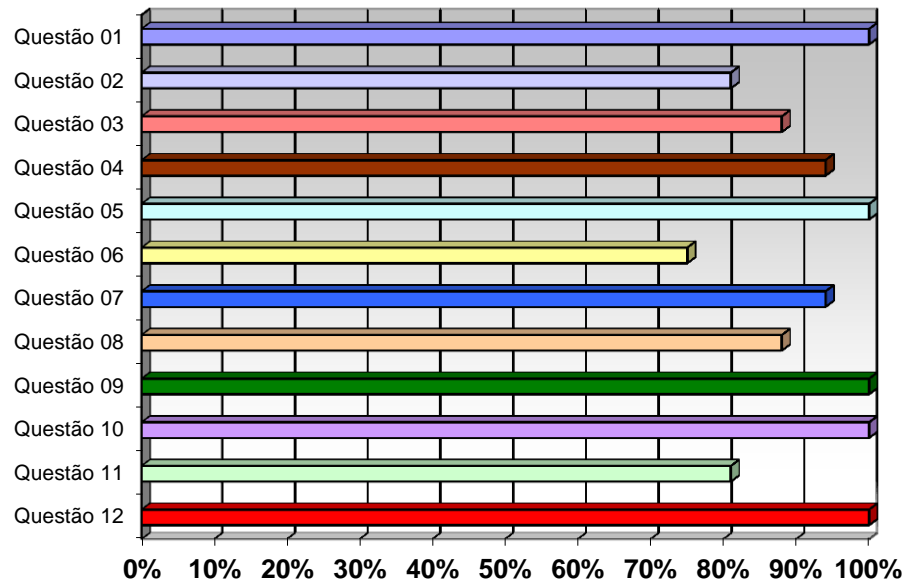
Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

**Figura 6** – Quantidade de questões acertadas por grupo no teste final.



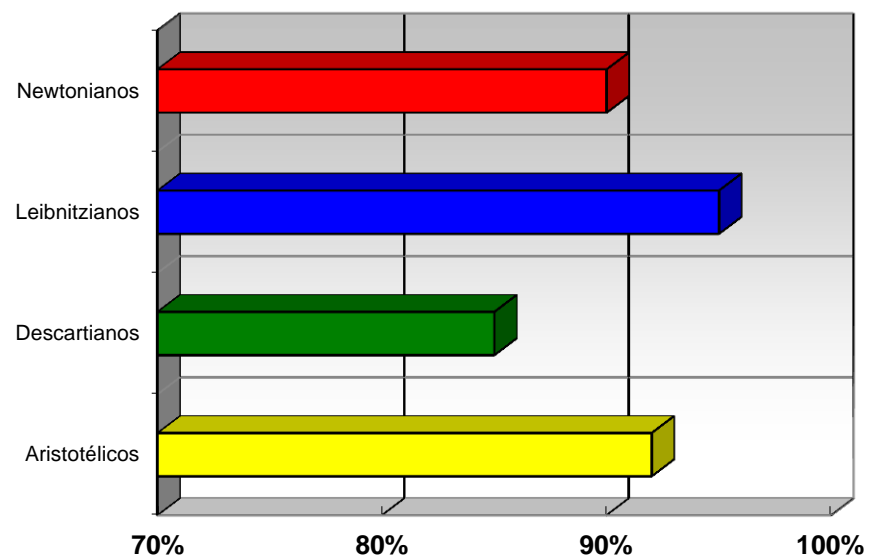
Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

**Figura 7 – Resultados percentuais de cada questão.**



Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

**Figura 8 – Resultados percentuais de acerto por grupo no teste final.**



Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Relatar fatos históricos que remetam ao conhecimento de personalidades que contribuíram de maneira satisfatória para a compreensão de assuntos até hoje debatidos é, sem dúvida, algo gratificante, principalmente quando se trata de conhecer mais profundamente personalidades de tamanha importância para a História, a Filosofia, a Sociologia ou a Física, ou seja, a ciência de modo geral, como é o caso das personalidades apresentadas aqui: Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton.

Esses filósofos e cientistas, cada qual a sua maneira, e cada qual em seu tempo, foram despertados pelo interesse de conhecer mais profundamente o universo e toda a sua subjetividade, procurando explicações para questões que suscitadas por experiências ou ideias, que transgrediram suas concepções mais reflexivas e notórias.

Do aporte conceitual fornecido por essas personalidades, a Física, com toda a sua magnitude e complexidade, foi matéria base para muitas descobertas, dentre elas o entendimento plausível do conceito de força.

Evidentemente que a evolução científica se deu em todos os aspectos da sociedade e no mundo todo. Assim como outras matérias, a Física passou a ser parte integrante e fundamental no processo de aprendizagem dos alunos. No entanto, tal aprendizagem ainda se configura como um obstáculo, pois os métodos adotados para ensinar essa específica ciência ainda são arcaicos, e, por isso, muitos alunos sentem dificuldades exorbitantes em assimilar os conteúdos fornecidos.

Após um levantamento teórico sobre tal temática, percebeu-se que há um consenso a respeito das dificuldades enfrentadas pelos professores e alunos no que se refere ao ensino e aprendizagem da Física. Por essa razão, é imprescindível que o professor busque transformar o modelo educacional, através de ferramentas que viabilizem todo o processo de conhecer, que seja, além de tudo estimulante, desafiador e adequado aos novos tempos, principalmente com a própria realidade dos alunos.

Sendo assim, em virtude dessa particularidade, ou seja, a procura por modelos que se diferenciem do tradicional no processo de ensino/aprendizagem da

Física nas escolas, é que se desenvolveu uma sequência didática direcionada para esse âmbito. Em outras palavras, colocou-se em prática a realização de um processo de dinâmica com os alunos da 1ª série do Ensino Médio, através da interação social, buscando estimular o aprendizado dos alunos a partir da troca de conhecimentos e informações disponibilizadas pelo professor.

Tal processo se deu de forma organizada, partindo de uma abordagem teórica sobre o tema em estudo, passando pela entrega de materiais impressos, estudos coletivos e, por fim, por debate entre os alunos, de forma a confrontar os diferentes pontos de vista sobre o mesmo tema: o conceito de força na visão de Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton.

Além disso, tratou-se de fazer um comparativo da evolução dessa aprendizagem, por meio da aplicação de um questionário aos alunos, antes e depois do desenvolvimento da sequência envolvendo interação social, com as mesmas perguntas.

Com base na observação de toda a vivência promovida pela sequência, percebeu-se que, de fato, os alunos demonstram mais interesse em aprender sobre física quando o professor empregou ferramentas didáticas diferentes das aplicadas no seu dia a dia de sala de aula. Ademais, ficou bastante claro, através dos resultados encontrados e expostos nos gráficos, que os alunos conseguem assimilar com mais qualidade o assunto dado quando se aplicou uma abordagem diferenciada do assunto em estudo, que ocorreu através de uma dinâmica de interação social.

Portanto, a utilização do processo de interação social como ferramenta para o aprendizado de Física é comprovadamente eficaz, pois os alunos sentem-se mais confiantes quando auxiliam na compreensão do assunto dado em sala de aula. Claro que essa é apenas uma ferramenta utilizada que mostrou resultados positivos, mas não se pode deixar de levar em consideração a possibilidade do docente interessado se aprofundar mais no assunto, buscando outros instrumentos que contribuam para o sucesso desse processo.

## REFERÊNCIAS

- ALIPRANDINI, Daiane Maria; SCHUHMACHER, Elcio; SANTOS, Muriel Clasen dos. **Processo Ensino e Aprendizagem de Física apoiada em software de modelagem.** I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009.
- ALMEIDA, Susana Gorete Monteiro. **História da matemática:** Newton e Leibniz. Universidade Católica Portuguesa, 2003.
- ANDRADE, Eliziário Souza. **Psicologia da educação.** Coleção Formando Educadores. Faculdade de Tecnologia e Ciências. 2009.
- ARAÚJO, Jacy Cristina Cerqueira. **A dinâmica familiar como fator promotor de dificuldades de aprendizagem:** uma afirmação possível? Dissertação apresentada à Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2007.
- BALOLA, Raquel. **Princípios matemáticos da filosofia natural:** a lei de inércia. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa. 2010.
- BECKER, Fernando. **O que é construtivismo?** Publicação Série Idéias n. 20. São Paulo: FDE, 1994.
- BORGES, Marcos Alexandre. O papel do movimento no mundo de Descartes. **PROMETEUS.** Ano 5 - Número 10 – jul/dez/2012.
- BOSSOLAN, Marília. **Dificuldade de aprendizagem:** levantamento bibliográfico e análise de estudos na Unicamp. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.
- BOZELLI, Fernanda Cátia; NARDI, Roberto. **Ensino de física, analogias e dinâmica do contexto interativo discursivo em sala de aula.** São Paulo: Editora UNESP, São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 258 p.
- BRITO, Keith Rebouças Meneses. Descartes e Locke: possibilidades, limites e alcance do conhecimento humano. **Revista Pandora Brasil.** Número 34, setembro de 2011.
- CARDINALLI, Cristiane C. B. **Uma análise da configuração subjetiva do aluno com dificuldade de aprendizagem.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia do Centro de Ciências da Vida da PUC-Campinas. PUC-Campinas, 2006.
- CARVALHO, Romeu Manuel de. **História da matemática:** a invenção do cálculo por Newton e Leibniz e sua evolução para o cálculo contemporâneo. Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, março de 2007.
- CASSEMIRO, Anderson Aparecido. **Quedas dos corpos e equações diferenciais num primeiro curso de cálculo.** Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.
- CINDRA, José Lourenço. Há quatrocentos anos nascia René Descartes, o filósofo da dúvida metódica. **Revista da SBHC.** Nº 15, 1996.
- COLL, César et.al. **O construtivismo na sala de aula.** 6 ed. São Paulo: Ática, 2003

CONEGLIAN, Stella Maris Gesualdo Grenier; SANTOS, Christina Aparecida dos; MELO, José Joaquim Pereira. **Reflexões sobre a vida de Descartes e o plano cartesiano**. II Simpósio Nacional de Educação. XXI Semana de Pedagogia. Outubro de 2010.

CORREIA, Jornanda Jesús; JOSÉ, Wagner Duarte. **O conceito de trabalho de uma força em livros didáticos**. IX Colóquio do Museu Pedagógico. 5 a 7 de outubro de 2011.

COTTINGHAM, John. **Dicionário Descartes**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1995.

CRUZ, F. F. de Souza. O conceito de força no pensamento grego. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, 2(1): 16-24, abr. 1985.

DAVIS, Cláudia; OLIVEIRA, Zilma de. **Psicologia na educação**. São Paulo: Cortez, 1991.

FALCÃO, Gerson Marinho. **Psicologia da aprendizagem**. 10º ed. São Paulo: Editora Ática, 2003.

FERNÁNDEZ, Alícia. **A Inteligência Aprisionada**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1990.

\_\_\_\_\_. **A inteligência aprisionada**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.

FONSECA, Vítor da. **Introdução às dificuldades de aprendizagem**. 2 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, Francisco Wagner Lisboa de. **Análise dos conceitos de aceleração, gravidade e força peso, apresentados nos livros de física selecionados pelo MEC**. Monografia apresentada à Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza/Ce, 2010.

FREITAS, Jadson Alves de. **Substâncias e relações em Leibniz: inspirações metafísicas para o pensamento filosófico nos séculos XX e XXI**. Dissertação apresentada à Universidade de Brasília. Brasília, 2014.

FRIZON, Nelson Natalino. **A teoria da justiça na filosofia de Aristóteles: uma contribuição para a atuação jurisdicional do operador do direito**. Monografia apresentada à Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí, maio de 2006.

GARCIA, Valdinei Gomes. **A gravitação universal na filosofia da natureza de Isaac Newton**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo. Atlas, 2002.

GIUSTA, Agneta da Silva. Concepções de aprendizagem e práticas pedagógicas. **Educ. Rev.** Belo Horizonte, jul., 1985.

GOLDENBERG, Miriam. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais**. 7 ed. São Paulo: Record, 2004.

GOMES, Myrce da Costa. Newton e Leibniz: a questão do espaço no século XVII. **Revista da SBHC**. 1994.



GONÇALVES, Jorge Ricardo Santos. **A relação homem-mundo em René Descartes e no Zen Budismo**. Dissertação apresentada à Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1992.

GOULART, Íris Barbosa. **Piaget: experiências básicas a utilização pelo professor**. 8 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1993.

HAMLYN, David Valter. **Uma história da filosofia ocidental**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1990.

HEINECK, Renato; VALIATI, Eliane Regina Alemida; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. Software educativo no ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.º 42/6 – 10 de mayo de 2007.

LANÇA, Tatiana. **Newton numa leitura de divulgação científica: produção de sentidos no ensino médio**. Campinas, 2005.

MASETTO, M. T. **Mediação Pedagógica e o uso da tecnologia**. In: MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas Tecnologias e mediação Pedagógica**. Campinas: Papirus, 2000.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARTINS, Marlene Nunes; FIGUEIREDO, Lília Márcia de Souza. Um olhar psicopedagógico sobre dificuldades de aprendizagem. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas da EDUVALE**. Ano IV, número 06, novembro de 2011.

MELLO, Suely Amaral; A Educação das Crianças de Zero a Três Anos, 2004. MENEGOTTO, José Carlos; ROCHA FILHO, João Bernardes da. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 7, n.º 2, 2008.

MINAYO, M.C.S. (Org.) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

NEIRA, Marcos Garcia. **Por dentro da sala de aula: conversando sobre a prática**. São Paulo: Phorte, 2004.

NICOLAU, Marieta Lucia Machado. **A educação pré-escolar in fundamentos e didática**. 10ª ed. São Paulo: Ática, 2000.

NOFFS, Neide de Aquino. **Psicopedagogo na rede de ensino: a trajetória institucional de seus atores-autores**. São Paulo: Ed. Elevação, 2003.

OLIVEIRA, Raimundo A. P. de. **Isaac Newton**. João Pessoa, abril de 2009.

OSTERMANN Fernanda e MOREIRA Marco A, **A Física na Formação de Professores do Ensino Fundamental**. Editora da Universidade – UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 151 p, 1999.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Física aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. V.13, n1: p.48-63, abr.1996.

PEDUZZI, Luiz O. Q. Evolução dos Conceitos de Física. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2008.

PILETTI, Nélon. **Psicologia educacional**. 2 ed. São Paulo: Ática, 1985.

PINHEIRO, Guilherme Bastos. **A construção da relatividade especial e da relatividade geral e suas validações experimentais**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Católica de Brasília. Brasília, junho de 2008.

PINTO, Pedro. **A amizade por Aristóteles**. Escola Secundária do Padre Antonio Martins Oliveira de Lagoa. N.º 20, maio de 2003.

PINTO, Silvia Amaral de Melo. (coord). **Psicopedagogia: um portal para a inserção social**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

PIZA, A. F. R. de Toledo. Isaac Newton e o seu sistema do mundo. **Revista USP**. São Paulo, dezembro de 1996.

PONCZEK, Roberto Leon. A polêmica entre Leibniz e os cartesianos: MV ou MV<sup>2</sup>. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. V.17, n.3: p.336-347, dez.2000.

PORTO, C.M. A física de Aristóteles: uma construção ingênua? **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 31, n. 4, 4601 (2009).

PORTO, C. M. PORTO, M. D. B. S. M. Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 30, n. 1, 2008.

PUGLISI, Cleuza de Fátima Gameiro; CAVALARI, Nilton. Dificuldades na aprendizagem e práticas pedagógicas. **Caderno Multidisciplinar de Pós-Graduação da UCP**. Pitanga, v. 1, nº. 3, p. 102-114, mar., 2010.

RADÉ, Tane da Silva. **O conceito de força na física: evolução histórica e perfil conceitual**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Luterana do Brasil. Canoas, 2005.

REGO, Cristina Tereza. **VYGOTSKY**. Petrópolis: Vozes, 1994.

RODRIGUEZ, Ricardo Vélez. **Fundamentos da gestão do conhecimento na modernidade: René Descartes**. Centro de Pesquisas Estratégicas Paulino Soares de Souza. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010.

ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. Ensino de física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 4, n.º 1, 2005.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia científica: a construção do conhecimento** 5. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2006.

SANTOS, José Nazareno dos. **Uso de ferramentas cognitivas para a aprendizagem de física**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2005.

SANTOS, Nilza Maria. **Problematização das dificuldades de aprendizagem**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual de Londrina. Londrina/PR, 2009.

SANTOS, Virginia Mello dos. **Dificuldade de aprendizagem e a formalização do conhecimento**: um olhar sobre o saber sistematizado. Dissertação apresentada à Universidade Católica de Brasília. Brasília, setembro de 2005.

SCOZ, Beatriz Judith Lima. **Psicopedagogia e Realidade Escolar**. Campinas: Vozes, 1996.

SILVA, Ítalo Batista da; TAVARES, Otávio Augusto de Oliveira. Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem da física. **Holos**, ano 21, maio, 2005.

SILVA, José Otacílio da. **Aristóteles**: Estado e participação política. VII Seminário do Centro de Ciências Sociais Aplicadas Campus de Cascavel. Cascavel/PR, junho de 2008.

SITA, Patrícia Coradim. **Leibniz contra o vazio**: a relação entre a teoria das substâncias e o conceito de espaço. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2010.

STEFANINI, Maria Cristina Bergonzoni; CRUZ, Sonia Aparecida Belletti. Dificuldades de aprendizagens e suas causas: o olhar do professor de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental. **Redação de Revistas Científicas da América Latina**. Porto Alegre, ano XXIX, jan./abr., 2006.

TARGA, Dante Carvalho. Leibniz e a retomada das formas substanciais. **Periódico**. Vol. 01, n.º 01, 2009.

TEIXEIRA, Elder Sales; PEDUZZI, Luiz O. Q.; FREIRE JR., Olival. Os caminhos de Newton para a gravitação universal: uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfall. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 27, n. 2: p. 215-254, ago. 2010.

THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

TORRES, Rosa Maria. **Educação e imprensa**: o educativo como desafio jornalístico. São Paulo: Cortez, 1996.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

VERGEZ, A.; HUISMAN, D. **A filosofia de Descartes**. Rio de Janeiro: Ed. Freitas Bastos, 1976.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

VILELA, Augusto Nilo de Oliveira; IZIDORO, José Luiz. Os fundamentos da verdade no pensamento de René Descartes: uma relação à sua época, uma proposta à nossa época. **Centro de Ensino Superior-Revista**. Vol. 27, n.º 1. Juiz de Fora, jan./dez., 2013.

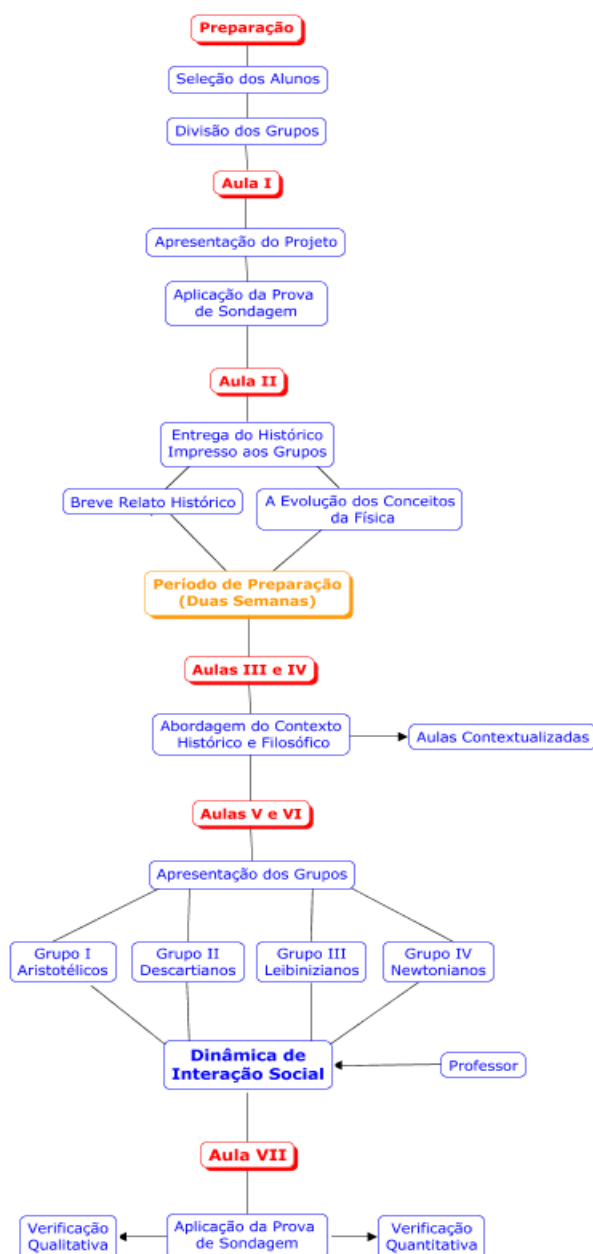
WEISS, Maria Lúcia L. **Psicopedagogia clínica:** uma visão diagnóstica. 2 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

## ANEXO A – PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional, desenvolvido neste estudo, referiu-se ao emprego de uma sequência didática, com interação social. Esse produto poderá auxiliar o professor de Física no contexto de ensino e aprendizagem do conceito de força para turmas de alunos da 1ª série do Ensino Médio.

O produto educacional foi trabalhado em sete partes/aulas, sob a forma de sequência didática. Inicialmente, selecionou-se 16 alunos da 1ª série do Ensino Médio de uma escola particular de Aracaju/SE, que foram divididos em 4 grupos, com 4 integrantes cada. A seguir, está apresentada a estruturação do produto.

### *Estruturação do Produto Educacional*



## *Estruturação da Sequência Didática*

### **Primeira Aula**

Na primeira aula da sequência, o professor apresenta o projeto aos alunos, deixando bem claro os seus objetivos e expectativas com a aplicação do produto. Em seguida, é aplicado um teste inicial, ou seja, um questionário contendo 12 questões; para cada uma das questões os alunos poderão escolher uma das seguintes respostas: sim, não e não sei. Esse questionário tem por objetivo avaliar os conhecimentos prévios dos grupos de alunos sobre os conceitos de força.

### **Segunda Aula**

A segunda aula deve ter por intenção apresentar a cada grupo um histórico impresso, composto pelo Capítulo 2 dessa dissertação “**Breve Relato Histórico**”, e por trechos do livro de Peduzzi (2008) - “**A Evolução dos Conceitos da Física**”, a respeito do conceito de força, conforme definido por um dos quatro grandes filósofos-físicos: Aristóteles, Descartes, Leibniz e Newton.

Com os alunos divididos em grupo, eles recebem os textos relacionados a cientista que defenderão.

Os trechos do livro de Peduzzi (2008) que complementam o produto são:

***A física aristotélica:** É pouca a ênfase atribuída por livros de texto do ensino médio brasileiro (e mesmo universitários) a aspectos históricos da relação entre força e movimento. A física aristotélica, por exemplo é apresentada, em geral, de forma incipiente e amplamente descontextualizada nos materiais instrucionais. Com isso, mostra-se pouco atrativa e mesmo desprovida de sentido para o leitor que, não compreendendo os seus fundamentos básicos, vê com desconfiança e incredulidade algumas ideias aparentemente superficiais e ingênuas, aos olhos de hoje, aparecerem como elementos essenciais de uma teoria científica. A descaracterização do referencial aristotélico nos textos didáticos acaba inibindo qualquer relacionamento entre esse referencial e o senso comum do aluno, deixando à margem do processo educativo um importante resultado da pesquisa educacional: o fato de que, para estudantes de qualquer nível de escolaridade, não pode haver movimento sem força e que força e velocidade são proporcionais. Contudo, há muito mais a se explorar em Aristóteles do que apenas a sua tão divulgada ideia de que deve haver compulsoriamente um agente motor atuando sobre um corpo para a manutenção de seu movimento. O meio, também, e não apenas a força motora, desempenha um papel de destaque na dinâmica aristotélica. O vácuo, para Aristóteles, não existe, assim como não existe movimento sem resistência. Para rejeitar o movimento no vazio,*

Aristóteles, curiosamente, acaba utilizando como argumento o que, a partir do século XVII, seria conhecido como o princípio da inércia. Segundo suas próprias palavras: “[Deste modo] ninguém poderá dizer por que uma coisa uma vez colocada em movimento deveria parar aqui ou ali? Assim, uma coisa estará ou em repouso ou movendo-se *ad infinitum* a menos que algo mais forte se lhe oponha como obstáculo”. Aristóteles, de fato, não pode aceitar esse princípio porque um movimento infinito implicaria em um universo sem limites, o que era inconcebível para ele.

**A ‘lei de força’ de Aristóteles:** Além dos movimentos naturais, existe uma infinidade de outros movimentos, como o de uma caixa que é empurrada ou o de um projétil que é lançado, que são denominados de movimentos violentos ou forçados (por não serem naturais). Acerca do movimento, em geral, Aristóteles conclui que ele só é possível quando, necessariamente, está associado àquele que se move uma força. Essa é uma afirmação inteiramente plausível dentro do contexto das observações de Aristóteles. Afinal, quando se deixa de empurrar um objeto, ele para; quando um cavalo para de puxar uma carroça, cessa o movimento. A ênfase é sobre forças de contato, isto é, sobre a ação de puxar ou empurrar alguma coisa. Para haver um movimento, portanto, o que se move e o que se movimenta devem estar em permanente contato. O meio também desempenha um importante papel sobre as ideias de Aristóteles em relação ao movimento dos corpos. As suas discussões orientam-se para o estudo de casos concretos encontrados na natureza e não para uma situação abstrata, não observável, como a que envolveria movimento em um vácuo hipotético. Assim, detinha-se na questão da influência de meios como o ar e a água no movimento dos corpos. Aristóteles não concebia a existência de um movimento no vazio (vácuo) porque, segundo ele, sem haver uma resistência ao movimento de um objeto, este teria velocidade infinita. Essa impossibilidade é exemplificada considerando o caso do movimento natural de retorno de um objeto (como o de uma pedra, por exemplo) ao seu lugar natural. Ao voltar ao seu lugar natural (depois de lá ter sido retirado por violência), o corpo se movimenta em linha reta e tanto mais rápido quanto o meio lhe permite.

Se, pelo contrário, nada o detivesse, se o meio no qual ele se move não opusesse qualquer resistência ao seu movimento (tal como se passaria no vazio), então ele dirigiria-se para lá com velocidade infinita. Ora, um movimento instantâneo parece a Aristóteles (não sem razão) perfeitamente impossível. Assim, portanto, o movimento não se pode efetuar no vazio.

Para fins didáticos, pode-se expressar a ‘lei de movimento’ de Aristóteles através da relação

$$v \propto \frac{F}{R},$$

onde  $F$  representa a intensidade da força aplicada ao corpo e  $R$  a resistência do meio. Ou seja, a velocidade,  $v$ , de um corpo é diretamente proporcional à força motriz a ele aplicada e inversamente proporcional à resistência do meio no qual ele se movimenta. É importante frisar que Aristóteles não deu forma matemática às suas conclusões, já que, para ele, a descrição matemática dos fenômenos terrestres era de pouco valor. Ele, na verdade, estudou separadamente os efeitos sobre a velocidade de um objeto decorrentes do meio por onde o objeto

se movimenta e de variações nas forças a ele aplicadas. A relação (1), contudo, expressa em parte o pensamento de Aristóteles sobre esse assunto. Dela, pode-se concluir que:

- a) sendo a resistência constante, sob a influência de uma força constante um objeto se movimenta com velocidade constante;
- b) a magnitude da velocidade é proporcional à intensidade da força aplicada;
- c) para uma resistência constante, um objeto apresenta variação de velocidade quando sobre ele age uma força variável;
- d) uma força aplicada a um objeto produz movimento; para, no entanto, traduzir corretamente o pensamento de Aristóteles com relação a essa situação, deve-se ter um certo cuidado já que, evidentemente, ele sabia que nem sempre a aplicação de uma força a um corpo resultava, necessariamente, no seu movimento. O caso de uma pessoa que empurra uma carroça sem que esta saia do lugar é um exemplo. Assim, pensando na força aplicada e na resistência como efeitos opostos, Aristóteles colocou a condição adicional de que, para haver movimento, era necessário que a ação da força fosse maior do que a resistência oferecida. Dessa forma, para ser fiel a Aristóteles, deve-se restringir a relação (1) à situação em que  $F > R$  porque, segundo ele, para  $F \leq R$  não há movimento. Obviamente, sem força ( $F = 0$ ) não há movimento.
- e) é necessária a presença de um meio para que haja movimento. Não existe o vácuo. De acordo com a relação (1), uma resistência nula implica em uma velocidade infinitamente grande, que necessariamente se associa à ideia de um universo infinito em extensão, noção frontalmente contrária à visão de mundo aristotélica que sustenta um universo limitado pela esfera das estrelas fixas.

**A questão da 'força' e da resistência no movimento natural de uma pedra:** Se qualquer movimento está vinculado à existência de uma força responsável por ele, o que diz Aristóteles, nesse sentido, sobre o movimento natural de um corpo, tal como uma pedra, solto de uma certa altura? Ao ser solta, a pedra entra em movimento dito natural por não se encontrar em seu lugar natural. Com esse movimento, ela se dirige para o centro do universo, que coincide com o centro da Terra. A porção de terra que já existe na região central a impede de lá chegar fazendo com que a pedra atinja o solo e aí permaneça em repouso. Contudo, se, durante a queda da pedra, a Terra deixasse de existir, esse fato em nada alteraria o seu movimento, isto é, a pedra prosseguiria com a sua tendência inalterada de se deslocar até o ponto central e de lá permanecer em repouso. Isso significa que “os corpos pesados se dirigem para o centro não porque alguma coisa lá se encontre ou porque alguma força física os atraia para lá; eles se dirigem para o centro porque é sua natureza que para lá os impele” Não há, portanto, nenhuma interação entre a pedra e a Terra, pois uma atração ao lugar natural da pedra implicaria em uma ação à distância, o que era inconcebível para Aristóteles. Por se tratar de um movimento natural esse deslocamento da pedra também não pode se dar através de nenhuma força, como as que são produzidas por agentes responsáveis por movimentos violentos.

Aristóteles concluiu, então, que uma 'força' inerente ao próprio corpo é a responsável por sua queda, isto é, por seu movimento natural. “O objeto não se move por si mesmo mas tem,



*intrinsecamente, a fonte do movimento – não a capacidade de mover alguma coisa ou a de causar movimento, mas a de sofrê-lo.”*

*Como salienta o historiador da ciência Max Jammer (1915-), mesmo tendo presente essa concepção de ‘força’ inerente à matéria (que hoje estaria mais próxima do conceito de energia potencial), Aristóteles não se interessa em discuti-la. De fato, é a noção de força como um agente compulsório do movimento, ou seja, é a ideia de força diretamente vinculada aos atos de puxar ou empurrar um corpo que Aristóteles submete à investigação ‘quantitativa’ e que forma o núcleo central da sua mecânica. Dessa forma, o ‘peso’ associado à pedra que cai é, para Aristóteles, manifestação de movimento natural e não causa compulsória de movimento. E com relação à resistência oferecida pelo meio aos movimentos naturais? Nos movimentos naturais essa resistência está relacionada com a densidade do meio. No caso da pedra que cai no ar, “nos instantes sucessivos da queda a pedra ocupa posições em que se encontrava o ar, e esse ar estava no seu lugar natural. Ora, ao ar repugna ser desalojado do seu lugar próprio e a gravidade da pedra deve constantemente vencer esta repugnância”. Um meio com maior densidade do que o ar dificultaria ainda mais o movimento da pedra.*

*A relação (1) aplicada, como tentativa, ao movimento natural da pedra resulta*

$$v \propto \frac{P}{d},$$

*sendo a velocidade da pedra diretamente proporcional ao seu peso,  $P$ , e inversamente proporcional à densidade do meio,  $d$ . Ao se igualar o peso a uma força e tentar ‘equacionar’ o pensamento de Aristóteles para um movimento natural, percebe-se as dificuldades que advêm da matematização de uma situação para a qual a matemática não fazia sentido. Ocorre que, para Aristóteles, a queda de um objeto não se dava com velocidade constante durante todo o tempo. Para Aristóteles, “dando-se o movimento de queda dos corpos pesados (ou, correlativamente, o movimento de elevação dos corpos leves) em virtude de uma tendência natural do objeto para chegar ao seu ‘lugar próprio’, que haveria de mais ‘natural’ do que ver tal movimento acelerar-se à medida da sua aproximação do fim?”.*

*Vê-se, assim, a inviabilidade da equação (2) para essa situação, pois estaria a representar uma velocidade variável com uma ‘causa’ constante (peso). O fato de um corpo ‘ansiar’ por chegar cada vez mais depressa ao seu lugar natural, com consequentes acréscimos de velocidade quando em suas imediações, manifesta uma qualidade finalística que se faz presente à matéria da física aristotélica na preservação da ordem das coisas.*

**O Princípio da Inércia:** *Para Descartes, a física tradicional está morta. E até enterrada. O que é preciso fazer é substituí-la por outra. Uma física alternativa a de Aristóteles exige uma nova concepção de matéria, de movimento, de mundo. Segundo Descartes, Deus dotou a natureza de leis “a semelhança de um rei que estabelece as leis em seu reino”. Mas as leis dos homens não são únicas e nem imutáveis. E quanto às leis da natureza? Seriam elas universais, definitivas, capazes de refletir a regularidade de fenômenos em um mundo passível de compreensão ao ser*

humano? Ou haveria uma outra forma de organização, muito mais complexa, com leis variáveis, talvez compatíveis com a interferência contínua (ou periódica) do 'legislador'? A resposta de Descartes é clara: as leis da natureza são leis matemáticas, imutáveis, que traduzem o modo regular e constante de seu curso através do tempo. Uma vez consignadas por Deus a esta natureza, permanecem eternas. Com a 'doutrina da verdade evidente', a clareza de um método (o da intuição, seguido de dedução, matemática) e uma filosofia mecanicista, Descartes começa a estruturar a sua física. Nela, o conceito de quantidade de movimento, definido como o produto da quantidade de matéria de um corpo pela velocidade com a qual ele se acha animado, desempenha um papel central. Na ciência cartesiana, os atributos essenciais da matéria são a extensão e o movimento. O peso, a cor, o aroma, a dureza e outras qualidades que impressionam os sentidos não pertencem à natureza da matéria. Todo corpo é apenas uma substância extensa em comprimento, largura e profundidade. A quantidade de matéria, ou massa, na física de Descartes, está relacionada à extensão da matéria, isto é, a seu tamanho (volume). Dessa forma, ao expressar que dois corpos de 'massas' e velocidades diferentes têm a mesma quantidade de movimento ele o faz da seguinte maneira: "quando uma parte da matéria se move duas vezes mais depressa do que outra – sendo esta duas vezes maior do que a primeira – devemos pensar que há tanto movimento na menor como na maior". O conceito que Descartes tem de massa não é o clássico, ou newtoniano, que relaciona a quantidade de matéria de um corpo com o seu volume e a sua densidade (assim, dois corpos de substâncias – densidades – diferentes, animados de uma mesma velocidade e possuindo as mesmas dimensões, têm a mesma quantidade de movimento para Descartes, mas não para Newton). Contudo, para os fins da presente discussão, essa diferença não é relevante, como também não foi importante a caracterização precisa da massa quando J. Buridan (1300-1358) definiu quantitativamente o *impetus* (identificado, em uma de suas interpretações, com uma quantidade de movimento) como o produto da 'massa' de um corpo pela sua velocidade. Certamente, o conceito de massa de Buridan não era nem o de Descartes e nem o que viria a ser utilizado depois, por Newton. Entendendo a quantidade de movimento como uma grandeza escalar, Descartes considera que a quantidade de movimento do Universo nada mais é do que a soma das quantidades de movimento individuais de todos os corpos existentes. Para Descartes, a quantidade de movimento do mundo é constante, pois ao criar a matéria Deus a dotou tanto de repouso quanto de um movimento eterno e indestrutível. O movimento e o repouso são interpretados, corretamente, como estados da matéria. Como, fisicamente, de acordo com o mecanicismo cartesiano, o contato e o choque representam as únicas possibilidades de ação entre dois corpos, Descartes vê no mecanismo das colisões mudanças de quantidades de movimento individuais, mas não a total do universo. São três as leis atribuídas por Deus à natureza. As duas primeiras, enunciadas no *Principia philosophiae* (Princípios da filosofia), antecipam a formulação newtoniana do princípio da inércia:

- A primeira lei da natureza: cada coisa permanece no seu estado se nada o alterar; assim, aquilo que uma vez foi posto em movimento continuará sempre a se mover.

- *A segunda lei da natureza: todo corpo que se move tende a continuar o seu movimento em linha reta. Ou seja, é pelo contato direto dos corpos uns com os outros que se modificam estados de repouso e de movimento da matéria.*

*O movimento não é outra coisa senão “a ação pela qual um corpo passa de um lugar para outro”. Mas essa expressão do senso comum é pouco precisa e, portanto, sujeita a interpretações que podem levar ao erro. A caracterização científica do conceito diz que o movimento “é a translação de uma parte da matéria ou de um corpo da proximidade daqueles corpos que estão em contato imediato com ele, ou que consideramos em repouso, para a proximidade de outros corpos”. Nenhum objeto pode se mover, por si próprio, se estiver em repouso e, tampouco, mudar, por si mesmo, o seu movimento, se estiver em movimento. Na natureza, nenhum objeto altera o estado em que se encontra a não ser que seja forçado a isto por um outro corpo.*

**A medida de uma “força”:** *A partir de Descartes, Kepler e Galileu, a matematização de conceitos e leis físicas se torna uma exigência básica para a compreensão do mundo físico. Contudo, ainda inexistia uma definição quantitativa (a nível de consenso) para o conceito de força. As forças envolvidas no choque mecânico entre dois objetos mostram-se tão mais intensas quanto maiores são as massas e as velocidades dos corpos que colidem. O senso comum também indica que é através de forças que os objetos são colocados e mantidos em movimento. Assim, parecia, para alguns, bastante natural considerar a quantidade de movimento de um corpo como uma expressão da ‘força’ que o corpo tinha ou era capaz de produzir. A ideia de medir a ‘força de um corpo’ por sua quantidade de movimento se opôs o filósofo e matemático alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), para quem o conceito de força sofre uma radical transformação. A sua teoria abriga os conceitos de ‘força viva’ e ‘força morta’. Um objeto em movimento possui uma ‘força viva’ (‘vis viva’), distintamente de outro, em repouso, que é dotado de uma ‘força morta’ (‘vis mortua’). A transformação de uma ‘força morta’ em uma ‘força viva’ é perfeitamente possível, como se observa, por exemplo, ao se soltar um objeto de uma certa altura; e vice-versa, quando um projétil sobe. De acordo com Leibniz, a ‘força de um corpo’ deve ser proporcional à sua quantidade de matéria e também depender da sua velocidade, embora não necessariamente da primeira potência dessa velocidade. Assim, denotando-se por  $m$  a massa do corpo e por  $f(v)$  uma função de velocidade que precisa ser determinada, tem-se, como uma medida da ‘força,  $F$ , de um corpo’, a expressão*

**A conservação da “força viva”:** *Em uma colisão elástica, como se viu através dos estudos de Huygens, a soma dos produtos das massas dos corpos pelos quadrados de suas velocidades é constante (em linguagem moderna, as energias cinéticas antes e depois do choque são iguais). Quando isso não ocorre e os corpos seguem separados após o impacto, a colisão recebe o nome de colisão inelástica (semielástica, ou parcialmente elástica). A perda de movimento (isto é, de energia cinética) em uma colisão inelástica (e também em uma colisão perfeitamente inelástica, onde ela é máxima) só pode ser inteiramente entendida dentro de um novo quadro conceitual, no*

qual a grandeza física energia desempenha um papel central. Esse assunto, a propósito, será objeto de estudo específico em um outro momento. Mesmo assim, faz-se necessária uma rápida incursão nesse novo domínio do conhecimento físico a fim de concluir o pensamento de Leibniz sobre o choque mecânico. Para Leibniz, a quantidade de força que existe no universo é constante (assim como para Descartes isto ocorre com relação à quantidade de movimento). Essa sua concepção pressupõe um universo que ‘funciona’ sem a interferência de agentes estranhos a ele, isto é, sem a influência de entidades divinas; uma ideia que hoje é aceita de forma indiscutível no meio científico, mas que no século XVII ainda enfrentava resistências. Mas Leibniz vai mais longe ainda, ao afirmar que a quantidade de ‘força’ se conserva em qualquer colisão! A conservação da ‘força viva’ em um choque elástico de dois corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$  pode ser facilmente entendida a partir da relação  $F \propto mv^2$ , e do resultado encontrado por Huygens,

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 = \text{constante},$$

para esse tipo de choque. Assim, de fato,

$$F_1 + F_2 = F_1' + F_2'.$$

Mas e quanto a uma colisão inelástica, onde a perda de movimento e, por conseguinte, de ‘força’, nos termos de Leibniz, é evidente? Colisões inelásticas são fenômenos macroscópicos onde a perda de ‘força’ é apenas aparente, explica Leibniz. Quando dois corpos macios ou não elásticos colidem, não há perda de ‘força’ porque parte da ‘força’ dos corpos é espalhada entre as suas pequenas partes (isto é, entre as suas moléculas). Aos olhos de hoje, pode-se entender essa explicação de Leibniz, que na verdade se trata de pura especulação (pois ele não tem como comprová-la), como precursora do moderno princípio da transformação da energia, que aplicado ao caso de uma colisão inelástica relaciona o decréscimo de energia cinética ao aumento da energia interna (e consequentemente da temperatura) dos corpos que colidem.<sup>8</sup> Por outro lado, a transformação de uma ‘força viva’ em uma ‘força morta’ e de uma ‘força morta’ em uma ‘força viva’, como a que ocorre nos movimentos de subida e de descida de um projétil, traz consigo a ideia de transformação do movimento em alguma outra coisa e desta em movimento, novamente. A ‘força viva’ que impulsiona o projétil não se perde. Ela, de alguma forma, é ‘armazenada’ na subida e progressivamente ‘recuperada’ na descida, até atingir o seu valor inicial quando o projétil retorna ao ponto de lançamento. Novamente aqui se pode ver, em estado latente, as primeiras sementes de uma ideia que, refinada e fazendo parte de um sólido e denso quadro conceitual, mais tarde, evidenciará relações de transformação de energia cinética em energia potencial gravitacional e vice-versa.

**A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física:** Na física cartesiana, o princípio da inércia surge como um caso particular da lei da conservação da quantidade de movimento. Para Descartes, a interação entre dois corpos só pode ocorrer quando há contato direto entre eles. Não é possível nenhuma ação à distância entre dois corpos. A explicação mecânica que dá à gravidade ilustra bem essa sua convicção. É por essa razão que um objeto só pode alterar o seu estado de repouso ou de movimento mediante forças de contato. Entretanto, é a lei da

conservação da quantidade de movimento e não o princípio da inércia, propriamente, que desperta o interesse de cientistas do século XVII. A busca pela comprovação desta lei vai exigir um minucioso estudo de choques mecânicos, o qual, por sua vez, irá alimentar uma importante polêmica sobre o que, realmente, se conserva em uma colisão entre dois corpos. Os estudos de Isaac Newton (1642-1727), nessa direção, vão estabelecer as bases conceituais de uma nova dinâmica. Para uma maior agilidade e clareza na apresentação e discussão dos conteúdos abordados neste capítulo, torna-se explícita a natureza vetorial da velocidade e da quantidade de movimento de um corpo, introduzindo notação matemática pertinente, moderna. Importa destacar que o conceito de vetor não se encontra formalmente expresso nem mesmo na física newtoniana, muito embora se faça fortemente sentir a essência da sua conceituação no caráter de direcionalidade, contido na segunda lei, e na especificação da ação recíproca de dois corpos, presente na terceira lei. Assume-se também, antecipadamente, a definição newtoniana de massa, que relaciona esta propriedade da matéria com o volume e a densidade de um corpo, e a proporcionalidade entre peso e massa estabelecida por Newton a partir de seus experimentos com pêndulos.

**A conservação da quantidade de movimento:** Para Descartes, um corpo em movimento possui uma força interna, que ele chamou de ‘força de movimento de um corpo’. Aceitando as leis 1 e 2 do sábio francês, atribuídas por Deus à natureza, Newton intuiu que a mudança no estado de repouso ou de movimento de um corpo deveria estar intimamente relacionada à causa externa que a produziu. “Ali estava uma nova abordagem da força, na qual os corpos eram tratados como objetos passivos das forças externas incidentes sobre eles, e não como um veículo ativo da força incidindo sobre outros.”<sup>9</sup> Considerando os resultados de Wallis e Huygens sobre o choque mecânico como igualmente relevantes e dignos de registro, mas percebendo que além de uma nova concepção de ‘força’ o tema exigia um tratamento teórico e experimental adequado às condições reais envolvidas em um choque, Isaac Newton (1642-1727) decidiu investigar esse assunto em toda a sua extensão, levando em conta tanto a resistência do ar como a elasticidade dos corpos envolvidos. Para isso, recorreu ao pêndulo, estudando experimentalmente diversas situações de colisão frontal entre objetos esféricos macios, duros, iguais e diferentes. Depois de mostrar como encontrar as velocidades de duas massas pendulares imediatamente antes e depois de uma colisão, Newton comenta os resultados que obtém a partir de uma série de experimentos:

Assim, experimentando com pêndulos de 10 pés, tanto com corpos iguais como desiguais, e fazendo os corpos concorrerem [isto é, chocarem-se] após uma descida através de grandes espaços, como de 8, 12 ou 16 pés, sempre encontrei, com erro inferior a 3 polegadas, que quando os corpos concorriam diretamente [colisão frontal], mudanças iguais em direção às partes contrárias eram produzidas em seus movimentos (...)

*Em linguagem moderna, o que Newton conclui com as suas experiências é que, em um choque frontal entre duas massas pendulares A e B, as variações das quantidades de movimento de cada corpo antes e depois de choque são sempre iguais e opostas, isto é,*

$$\Delta \vec{p}_A = - \Delta \vec{p}_B.$$

*Os experimentos de Newton com o pêndulo evidenciam que a variação da quantidade de movimento de uma massa pendular A, em um processo de colisão com uma outra, B, deve-se à ação de uma força exercida por B sobre A; e vice-versa. Como as variações das quantidades de movimento dos dois corpos são iguais e opostas, é lícito pensar que também sejam iguais e opostas as forças envolvidas no choque.*

A cada grupo é dado um prazo de duas semanas para que estudem e entendam o tema sob a ótica do filósofo sorteado e com a orientação do professor de Física.

### **Terceira e Quarta Aulas**

Na terceira e na quarta aulas os alunos devem apresentar uma abordagem do contexto histórico e filosófico que permeava as épocas vividas pelos respectivos filósofos cientistas. Essa abordagem serve para uma melhor compreensão do relativo desenvolvimento científico. Tal abordagem é realizada, se possível, com o auxílio de professores de História e de Filosofia, formando uma aula interdisciplinar.

### **Quinta e Sexta Aulas**

A quinta e a sexta aulas devem ser utilizadas para a apresentação dos grupos formados pelos alunos, através de uma dinâmica de interação social, possibilitando-se que cada grupo apresente de forma explicativa o conceito de força com a determinada visão do filósofo direcionado ao grupo. É esperado que ocorra uma troca de informações entre os grupos. Ao final de cada apresentação, o professor deve agir como intermediador de um debate, tendo por intenção discutir os pontos mais polêmicos de cada defesa, enaltecendo as questões mais relevantes de cada tese elaborada pelos alunos a partir de suas leituras.

### **Sétima Aula**

Na sétima aula é aplicado o mesmo questionário utilizado na primeira aula, com o escopo de verificar se ocorre um entendimento maior a respeito do conceito de força, com base nas interações realizadas entre os grupos de alunos, bem como observar se é possível obter novas ideias a partir dos aspectos da prática vivenciada.

Com os dados dos testes em mãos e a sua vivência junto aos alunos durante a aplicação da sequência didática, o professor poderá verificar, de forma qualitativa e quantitativa, com base na análise das respostas dadas e na interação do aluno com os demais colegas, a eficiência da aplicação desse produto educacional.

## **ANEXO B – QUESTIONÁRIO DO TESTE.**

### **Ponderações sobre os conceitos de Força e as suas aplicações.**

01. Quando abandonamos duas pedras, uma pesada e a outra leve, de uma mesma altura, a mais pesada atinge o solo primeiro?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

02. Na interação entre a Terra e a Lua existem forças atuando, mesmo sem o contato entre elas?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

03. Quando empurramos um corpo com as nossas mãos e depois largamos, a força ainda continua atuando sobre ele?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

04. Para que um corpo esteja em movimento é necessário que algum tipo de força esteja agindo sobre ele?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

05. Quando jogamos um corpo para cima, a altura máxima que este irá atingir independe da sua massa?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.



06. Na ausência do atrito é possível que um corpo entre em movimento sem a ação de uma força?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

07. Quando deixamos um corpo cair a aceleração que ele adquire independe da sua massa?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

08. Se a velocidade de um corpo é constante, a força que age sobre ele também é constante?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

09. Quando jogamos dois corpos de massas diferentes para cima com a mesma velocidade inicial, o de maior massa atinge uma altura menor?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

10. Quando dois corpos se chocam não teremos transferência de força entre eles?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

11. Quando uma pedra é jogada com certa força para cima, durante o seu movimento de subida, a força dada à pedra vai perdendo intensidade devido a resistência do ar, o que ocasiona a parada da mesma?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

12. Todo corpo quando lançado para baixo adquire uma aceleração maior do que quando é abandonado da mesma altura?

- a) Sim.
- b) Não.
- c) Não sei.

### ANEXO C – TABELA DE RESULTADOS – RESPOSTAS OBTIDAS NOS TESTES.

Questã o	Aluno 01		Aluno 02		Aluno 03		Aluno 04		Aluno 05		Aluno 06		Aluno 07		Aluno 08		Aluno 09		Aluno 10		Aluno 11		Aluno 12		Aluno 13		Aluno 14		Aluno 15		Aluno 16		Gabarit o
01	A	B	A	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
02	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
03	B	B	A	B	B	B	B	C	A	B	B	B	B	B	B	B	A	C	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B
04	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B
05	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
06	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	A	A	A	A	B	B	C	C	B	B	A	B	B	A	B	B	B
07	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
08	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B	B	B	B	A	A	B	B	B	B	B	B	A	B	B
09	A	B	A	B	B	B	A	B	A	B	B	B	A	B	B	B	A	B	A	B	B	B	A	B	B	A	B	A	B	B	B	B	B
10	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
11	C	B	C	B	B	B	C	B	C	C	C	B	C	B	B	B	C	C	C	B	B	B	C	A	B	A	B	C	C	B	C	B	B
12	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	B
Acertos	06	11	06	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	12	12
				2	2	2	6	1	7	9	2	2	0	2	2	2	4	6	9	1	2	2	7	7	0	2	9	2	0	1	7		

Fonte: Pesquisa do autor, 2016.

#### Legenda:



Respostas do teste inicial



Respostas do teste final



Gabarito do teste



Total de acertos

## ANEXO D – FOTOS DA APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS







